

**DIE GESCHICHTE DER  
PHYSIK  
IN GRUNDZÜGEN**

von

**DR. FERD. ROSENBERGER  
ERSTER TEIL**

**GESCHICHTE DER PHYSIK IM  
ALTERTUM UND IM MITTELALTER**

BRAUNSCHWEIG, VIEWEG UND SOHN 1882

**Ф. РОЗЕНБЕРГЕР**

**ИСТОРИЯ ФИЗИКИ**

Перевод с немецкого под ред. И. СЕЧЕНОВА  
ВНОВЬ ПРОВЕРЕННЫЙ И ПЕРЕРАБОТАННЫЙ В. С. ГОХМАНОМ

Предисловие С. Ф. ВАСИЛЬЕВА

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

**ИСТОРИЯ ФИЗИКИ В ДРЕВНОСТИ И  
В СРЕДНИЕ ВЕКА**

О НТИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА— 1934—ЛЕНИНГРАД

## СОДЕРЖАНИЕ

<a href="#">Предисловие С. Ф. Васильева</a> .....	5
<a href="#">Предисловие автора к немецкому изданию</a> .....	28
<a href="#">I. История физики древних веков (приблизительно от 600 до н. э. до 700 н. э.)</a> .....	31
<a href="#">1. Физика как чистая натуральная философия (приблизительно от 600 до 300 до н. э.)</a> .....	33
<a href="#">2. Период математической физики (приблизительно от 300 до н. э. до 150 н. э.)</a> .....	51
<a href="#">3. Период упадка древней физики (от 150 до 700 н. э.)</a> .....	72
<a href="#">II. История физики в средние века (от 700 до 1600 н. э.)</a> .....	78
<a href="#">1. Период арабской физики (от 700 до 1150 н. э.)</a> .....	78
<a href="#">2. Христианский период средневековой физики (от 1150 до 1500)</a> .....	96
<a href="#">3. Переходный период средневековой физики (от 1500 до 1600)</a> .....	115
<a href="#">Именной указатель</a> .....	145
<a href="#">Предметный указатель</a> .....	147





## ПРЕДИСЛОВИЕ

Работа Розенберга, первый том которой предлагается вниманию читателя, представляет собою одно из наиболее серьезных и капитальных *общих* исследований истории эволюции физики, имеющих в международной литературе. По этой книге можно до известной степени судить о том, какого теоретического уровня достигла физическая историография к концу XIX века, ибо из общих работ исследование Розенберга, несомненно, является наилучшим. Оживление интереса к истории физических учений, вызванное теми ожесточенными спорами и напряженной философской борьбой, которые начались в самом конце XIX и начале XX века и которые явились выражением начала глубокого методологического кризиса физических наук, столь обстоятельно разобранного Лениным, имело своим результатом появление целого ряда других исследований, глубина и тщательность которых значительно превзошли то, что было достигнуто Розенбергом. Однако все эти новейшие работы носили слишком специальный характер и не давали общей, синтетической картины развития физики. Кроме того, будучи продиктованы определенными теоретическими побуждениями, они носили на себе слишком явственную печать специфических философских и политических установок своих авторов, чтобы их можно было признать продуктами беспристрастного исторического исследования, а не развернутыми аргументами (зачастую весьма тенденциозными) в философской борьбе<sup>1</sup>. Конечно, читателю, знакомому с этой литературой, многие страницы книги Розенберга покажутся поверхностными и анемичными. К тому же часть материала, приводимого немецким автором, значительно устарела (что, конечно, совершенно естественно для произведения, написанного более 40 лет назад). Наконец, читатель почувствует сильную неудовлетворенность и из-за того, что изложение доведено автором только до 80-х годов XIX в. За последние десятилетия в физике произошло так много

---

<sup>1</sup> Мы имеем в виду, главным образом, исследования Маха (*Mechanik, Prinzipien der Wärmelehre, Prinzipien der Physikalischen Optik* и др. менее важные работы вместе с многочисленными историческими экскурсами в философских работах) и обширные труды Дюгема (*Evolution de la mecanique, Les origines de la statique, Le syst'eme du monde, La the'orie physique* и др.), а также ряд специальных монографий, число которых, особенно во французской и немецкой литературе, было очень велико.

6 С. Ф. ВАСИЛЬЕВ

перемен и сдвигов, что факты, на которых останавливает свое изложение Розенбергер, в наше время кажутся действительно седыми. Читатель, естественно, будет желать конца, покрытого меньшим слоем исторической пыли<sup>1</sup>.

Однако повторяем, несмотря на все эти дефекты, книга Розенбергера пока является все же наилучшим сводным очерком истории развития физики от греков и до конца XIX века.

Конечно, читатель, прошедший школу марксизма и предъявляющий к историческому исследованию ряд требований, вытекающих из основных принципов теории исторического материализма, не будет удовлетворен работой Розенбергера ни в малейшей степени. Социологические концепции немецкого историка невероятно убоги (если только они вообще существуют как нечто оформленное). Что же касается его общефилософских позиций, то они слишком эклектичны и поверхностны, чтобы, пользуясь ими, действительно можно было написать произведение, делающее эпоху. Кто-то справедливо заметил недавно, что история естествознания, к сожалению, не только не имела еще своего Маркса, но ей не посчастливилось даже на Гегеля. И это, конечно, совершенно справедливо. Работа Розенбергера не составляет в данном случае «исключения».

Однако потребность в систематическом изучении истории физики настолько назрела и тяга широких кругов молодых советских физиков к изучению истории своей науки настолько велика, что мы решили, несмотря на все недостатки работы Розенбергера, предложить ее в новом издании. Мы остановились на книге Розенбергера именно потому, что она все же достаточно правильно намечает основные вехи исторической эволюции физики и может послужить относительно неплохим источником для первоначального ознакомления с основными историческими перипетиями физического мышления. Создание материалистической концепции истории физики еще—дело будущего. Поэтому пока приходится пользоваться работами наиболее объективных и добросовестных буржуазных историков.

Исследование Розенбергера выгодно отличается от большинства других сводных работ по общей истории физики уже тем, что оно написано все же с некоторой общей принципиальной точки зрения, а не представляет собою продукт безыдейного кропательства и компиляторства, подобно, например, старой работе Поггендорфа<sup>2</sup> или совершенно каталогообразного перечня фактов, вроде той новейшей «Истории физики» которая помещена в одном из томов последнего капитального немецкого

---

<sup>1</sup> В качестве продолжения розенбергерской работы можно было бы назвать исследования наших современников, оперирующих фактами последних десятилетий. Здесь в первую голову следует назвать книгу Ланжевена «Физика за последние 20 лет», или менее глубокую, но более широко охватывающую материал книжку Хвольсона «Развитие физики за последние 50 лет».

<sup>2</sup> Poggendorf «Geschichte der Physik».

## ПРЕДИСЛОВИЕ 7

справочника по физике <sup>1</sup>. Эта общая точка зрения заставила Розенбергера захватить проблемы довольно широко и даже попытаться связать эволюцию физики с эволюцией общего научного мирозерцания. А так как основная концепция немецкого автора, несмотря на всю свою недостаточность и неполноту, является все же верной, то и картина, нарисованная им, получилась не очень далекой от действительности.

В чем же заключается та точка зрения, под углом которой Розенбергер попытался изложить основные факты истории физики? Постараемся разобраться в этом вопросе и оценить сильные и слабые стороны метода немецкого историка. Такая оценка заранее дает читателю представление о том, с какого рода материалом он будет иметь дело на протяжении книги.

Свое предисловие ко всей работе Розенбергер посвящает как раз вопросу об основных установках, которые руководили им при ее составлении. Однако, благодаря краткости, предисловие это не дает еще достаточного материала для суждения о взглядах нашего автора. Поэтому нам придется резюмировать исходные предпосылки, руководившие исследователем, привлекая гораздо больший материал, нежели тот, который имеется в предисловии.

Подчеркнув в предисловии необходимость исследования истории физики как целого, а не специальных историй отдельных физических дисциплин, Розенбергер пишет: «Быть может ни одна наука на всех ступенях своего развития в такой степени не стояла в зависимости от других знаний, как именно физика. Первое место принадлежит здесь неоспоримо философии, которая не только притянула, но и действительно имела на физику некоторое влияние. Правда, со времени господства экспериментального метода, физика большей частью отрицала это влияние, и ее летописцы оставляли последнее в большей или меньшей степени вне поля своего зрения. Автор считает, однако, и то и другое неправильным и потому старается, по крайней мере, обращать внимание читателей на развитие философии во всех тех случаях, где последняя соприкасается с физикой» <sup>2</sup>.

Уже одно это стремление показать зависимость развития физики от эволюции общего научного философского мирозерцания придает книге Розенбергера ряд черт, выгодно отличающих: ее от других произведений подобного рода. Конечно, можно сказать, что взгляды немецкого историка на связь философского и физического мышления все же недостаточны; можно сказать также, что сведения об основных линиях философской эволюции он заимствует из вторых рук, и поэтому они не всегда доброкачественны; однако благодаря постоянному стремлению автора добраться до философско-методологических корней излагаемых в книге теорий, многие страницы и целые главы его книги дают действительно весьма неплохую картину развития физических наук.

<sup>1</sup> Ноппе «Geschichte der Physik» (Handbuch der Physik, Verl. v. J. Springer. Bd. 1).

<sup>2</sup> Стр. 28—29.

## 8 С. Ф. ВАСИЛЬЕВ

Конечно, Розенбергер не ограничивается одним декларативным подчеркиванием значения философии для развития физического исследования. Он пытается детализовать это общее положение и, в развитие его, неоднократно высказывает следующую концепцию, служащую ему основным критерием для оценки различных исторических этапов эволюции физических теорий. В процессе развитого физического познания можно наметить три характерных момента: 1) наличие определенных философских предпосылок, определяющих собою как общий характер теорий, так и наиболее существенные черты тех логических и методологических приемов, которыми пользуется физик, 2) ряд математических допущений и предпосылок со всем вытекающим отсюда аппаратом выводов и вычислений и 3) экспериментальный материал, определяемый как общим характером той методики, которая сложилась к этому времени, так и общим направлением научных интересов. Плодотворное и эффективное развитие физического знания возможно только в том случае, если все эти три момента выступают не как самостоятельные и независимые друг от друга пути научного познания, но именно как не самостоятельные, подчиненные моменты целого. Только единство всех этих трех методов дает действительно истинный путь для физического мышления.

Исторически, однако, развитие физики шло так, что перечисленные моменты процесса физического познания выступали сначала в изолированном виде, односторонне подменяя собою целостный синтетический путь разрешения загадок природы. Греческое естествознание, по крайней мере, в первую полосу своего развития, пользовалось по преимуществу философскими методами, оставляя в стороне математический и экспериментальный пути. Последние греческие физики, а равно и арабы, культивировали по преимуществу математические приемы физического познания. Наконец европейская физика нового времени выдвинула на первый план экспериментальные методы, причем некоторые периоды своего развития она целиком отдавалась чистому экспериментированию.

В чем же сила и слабость каждого из перечисленных путей, и каково должно быть правильное соотношение между ними, обеспечивающее наиболее эффективное продвижение физических знаний вперед?

Начнем с «философской физики».

Отличительной особенностью *философской физики*, по мнению Розенбергера, является выдвижение общих принципов и положений, способных объяснить картину природы как целого. Именно в этом стремлении дать некоторый целостный образ окружающей нас действительности и заключается ценность философского пути физического познания. Философское умозрение намечает те общие вехи, следуя которым человек ставит природе частные вопросы, и определяет характер гипотез, пользование которыми продвигает наше знание вперед.



## ПРЕДИСЛОВИЕ 9

Однако само по себе философское познание не способно создать физику как науку, ибо не менее характерной чертой его, чем только что указанная, является его пассивность по отношению к материалу. В своих теоретических спекуляциях философствующий физик вынужден для своих дедукций только воспринимать материал. Он должен исходить из уже готовых наблюдений и оперировать ими, как чем-то данным. Всякая активная постановка какой-либо проблемы уже выводит теоретика за пределы философских спекуляций и вплотную ставит его перед теми методами, которые составляют принадлежность экспериментирующего естествознания.

Наконец третьей характерной чертой философской физики является то обстоятельство, что по самому существу своему она способна дать ответ только на вопрос «почему», т. е. ограничивается лишь *качественной* характеристикой действительности и бессильна дать ответ на вопрос — «как велико» — т. е. открыть возможности для создания *количественной* картины изучаемых процессов. Иными словами, помимо экспериментальных методов, она нуждается в существенном дополнении методами математическими.

Что касается *математической физики*, то сильной ее стороной является логическая законченность и обязательность выводов. Приняв определенные исходные положения, математизирующий физик оперирует далее при помощи математического аппарата, и все его выводы представляют, в конце концов, развернутое выражение содержания этих положений.

Однако математические рассуждения так же не способны создать физику, как это оказывается не под силу и философским спекуляциям. И причины этого кроются в тех специфических чертах, которые присущи математическому рассуждению. Также как и философское, оно должно заимствовать свой материал извне, из тех наблюдений, которые уже имеются налицо. Иными словами, для математической физики характерна та же черта пассивности в отношении материала, которая свойственна и философской физике. И это полагает известные границы для ее развития. Кроме того, ставя один только вопрос «как велико», математическая физика по самому существу своему должна оказаться только *феноменологической* физикой, ничего не дающей в смысле вскрытия качественного механизма изучаемых явлений и, ограничивающейся лишь количественным их описанием.

Наконец, *опытная физика* своей сильной стороной должна считать постоянное обогащение науки все новым и новым материалом. Активность вопрошающего природу разума сосредоточена

именно в эксперименте. Однако, чтобы правильно ставить вопросы природе, необходимо располагать некоторыми общими исходными предпосылками и критериями, а чтобы правильно судить о степени точности построенных на основе этих критериев гипотез, необходима их постоянная количественная проверка пу-

## 10 С. Ф. ВАСИЛЬЕВ

тем математических построений, результаты которых в свою очередь проверяются в эксперименте. Иными словами, без аппарата философской и математической физики экспериментальное искусство является *слепым*. Оно в значительной степени может быть сведено к *технике* научной работы, и весь вопрос заключается в том, куда именно следует направлять эту технику. В разрешении же последнего вопроса решающую роль играют именно философская и математическая физика.

Розенбергер резюмирует свои взгляды на взаимоотношение разобранных нами трех родов физического познания в следующих словах: «Человеческой природе вообще свойственна склонность, не довольствуясь методами, которые ведут вперед медленными, обдумантыми и строго проверенными шагами, постоянно пытаться сразу одним усилием объяснить все загадочное, всю природу. Притом, чем дальше люди от истинной цели, тем естественнее с их стороны признавать опытный путь безнадежным и искать спасения в чистом умозрении.

«Нужно, однако, остерегаться несправедливого отношения к заслугам философии и математики перед физикой и чрезмерной переоценки экспериментального метода, чему, к сожалению, бывали примеры и в наши дни. *Искусство производить опыты само по себе совершенно неспособно действительно двигать науку вперед*. Умозрение, проникающее за пределы современного состояния опыта, будет всегда указывать путь, и диктовать план для дальнейшего наблюдения. С другой стороны, наука о явлениях природы всегда будет находиться в зависимости от математики при исследовании явлений с количественной стороны.

*«Идеал физики ... заключается в сочетании опытного исследования, математики и философии... Там, где тот или другой метод преобладает над остальными, в развитии всегда рано или поздно замечается застой. Но когда эти три фактора соединяются в должном соотношении в одном человеке, появляется гений, создающий новую эпоху в истории науки»*<sup>1</sup>.

Приведенный отрывок выражает общую концепцию, лежащую в основе исследования Розенбергера, достаточно полно и ясно.

Конечно, в настоящее время можно сказать, что изложенные нами взгляды немецкого историка слишком банальны и схематичны, чтобы, руководствуясь ими, можно «было бы написать действительно глубокое и фундаментальное исследование. Это,— несомненно. Однако нельзя все же утверждать, что точка зрения Розенбергера сама по себе неверна. Она — недостаточна, но не неверна. Иными словами, она не дает возможности для произведения полной оценки различных этапов развития физики, но все же не искажает действительного положения вещей. Самое главное, что она *совершенно не касается самого механизма развития физической науки*. Последний может быть вскрыт только опреде-

<sup>1</sup> Стр. 143—144. Курсив Розенбергера.

## ПРЕДИСЛОВИЕ 11

ленной социологической концепцией. Между тем в отношении социологических построений исследование немецкого историка, как мы уже имели случай заметить, не представляет собою ничего сколько-нибудь продуманного.

Можно было бы привести множество примеров, показывающих наивность и примитивность социологического credo Розенбергера. Чтобы не загружать нашего предисловия, мы приведем только два-три, причем все их заимствуем из первого тома<sup>1</sup>.

Начнем хотя бы с освещения Розенбергером происхождения греческой науки. Выдвинув утверждение, что восточные народы не могли создать физики, так как находились в плену религиозно-мистических воззрений, немецкий историк пишет дальше: «Только свободному гению греков, искавшему всюду познаваемую связь явлений, оказалось по силам основать науку о природе и ему же исключительно принадлежит создание древней физики»<sup>2</sup>.

Если после этих слов следовало бы какое-нибудь объяснение того, почему же именно грекам удалось заложить принципиальный фундамент естествознания, который сохранил значимость и по сие время, то выписанный отрывок не представлял бы ничего особенного и мог бы быть квалифицирован как простое риторическое вступление в изложение корней генезиса науки. Однако читатель легко может убедиться в том, что Розенбергер считает для себя возможным ограничиться выписанной фразой и только. «Свободный гений греков» выступает у него в роли какого-то *ultima ratio*, а трескотня общих фраз, в конце концов, должна прикрыть лишь крайнюю скудость социологического содержания всей его концепции происхождения науки.

Совершенно аналогично обстоит дело и с объяснением генезиса арабской науки. «Когда много времени спустя — пишет немецкий историк — наука начала давать новые побег, то произошло это не на старой исторической почве Александрии, не в насиженном гнезде философии — Афинах и еще менее в средоточии церковного могущества — Риме. Старые места оказались исчерпанными и лишеными живительных соков. Зато несколько плодотворных семян были занесены на Восток и здесь старая наука пустила новые корни в совершенно девственной почве»<sup>3</sup>.

Вряд ли найдется кто-либо, кто взялся бы всерьез защищать подобную «агрономическую» теорию научного прогресса. Все эти рассуждения о девственной и истощенной почве допустимы в серьезной работе только как некоторые метафорические обороты, не более. Однако напрасно искать у Розенбергера чего-либо большего, чем эти метафоры. Ничего, кроме фразеологии, подобной той, которая фигурирует в приведенной выписке,

---

<sup>1</sup> Мы ограничиваемся первым томом не потому, что он хуже или лучше других, а потому, что в специальных предисловиях к последующим томам наиболее существенные ляпусы Розенбергера будут оговорены отдельно.

<sup>2</sup> Стр. 31.

<sup>3</sup> Стр. 77.

## 12 С. Ф. ВАСИЛЬЕВ

в дальнейшем содержании текста нет. Весь социальный механизм, управляющий развитием научного знания, остается вне поля зрения нашего историка.

Точно такие же бессодержательные рассуждения можно найти и при освещении зачатков научного развития в христианских странах Западной Европы. «Когда с окончанием переселения народов — повествует Розенбергер — на Западе Европы водворился сравнительный покой, христианство успело окрепнуть извне и изнутри. Возникло вновь стремление к познанию. Оно обратилось на первых порах к тому, что было ближе под рукой, что продолжало всего более занимать умы, именно к религиозным вопросам. В тишине монастырских стен стало замечаться постепенно усиливающееся движение мысли ...»<sup>1</sup> и т. д. Вся мудрость исторической методологии Розенбергера исчерпывается этим «стремлением к познанию». Это «стремление» то увядает, то распускается, то находит для себя «девственную почву», то, наоборот, — «истощенную» и т. д. Ближайшим же образом определить причины, управляющие движением пресловутого «стремления», немецкий историк даже не пытается. Один единственный раз попробовал он заикнуться о природе этого спасительного двигателя науки, и из этой пробы получилось нечто до последней степени наивное. Мы имеем в виду рассуждения Розенбергера, относящиеся к проблемам развития оптики.

«Человеку присуще — говорит Розенбергер — естественное и заманчивое стремление увеличивать свой кругозор»<sup>2</sup>. Оптика, доставляя средства для расширения кругозора, с одной стороны, удовлетворяет этому стремлению, а с другой — сама толкает его вперед и увеличивает.

Примитивность этой немудреной концепции развития оптики настолько ярко бросается в глаза, что можно только удивляться, каким образом сам Розенбергер этого не заметил.

Прежде всего, невозможно сказать ничего определенного о содержании и объеме той весьма абстрактной «потребности», к которой апеллирует Розенбергер. Увеличивать свой кругозор можно в направлениях и к бесконечно малому и к бесконечно большому. Куда же должна влечь человека розенбергерова «потребность»? Далее, следует сильно усомниться в обязательности ее наличия у человека. Исторические факты показывают, что человек, вообще говоря, довольно консервативное существо, и только весьма решительные воздействия окружающей его действительности заставляют его переходить к чему-либо для него новому и тем самым разрушать свои привычные сложившиеся ассоциации и формы мышления. Всякое же расширение кругозора неразрывно связано с переходом в область нового и всегда влечет за собою большее или меньшее распадение привычных понятий и концепций.

Если даже допустить наличие у человека туманной и абстракт-

---

<sup>1</sup> Стр. 96.

<sup>2</sup> Стр. 140.

## ПРЕДИСЛОВИЕ 13

ной потребности, указываемой Розенбергером. то и это не выведет нас из затруднений. Стремление «увеличить свой кругозор» может быть удовлетворено и простым общим осмотром окружающей действительности и систематическими наблюдениями, осуществляемыми при помощи зрительных труб, призматических биноклей, геодезических приборов, телескопов, спектроскопов, фотоаппаратов и т. д. Исторический вопрос заключается в том, чтобы проследить последовательно *стену форм* удовлетворения названной потребности, смену тех *направлений*, идя по которым человек пытался ее удовлетворить и т. д. Даже более грубые, примитивные и физиологически совершенно необходимые потребности, как например потребность в пище, и то в отношении форм своего удовлетворения представляют собою нечто исторически меняющееся и текучее. От «обеда» первобытного человека, руками разрывавшего сырое мясо и пожиравшего его, до обеда современного французского рантье или китайского мандарина, желающего погурманствовать, — дистанция огромного размера. Выводить и ту и другую форму удовлетворения голода из простого наличия у человека физиологической потребности, это значит — с самого начала отказаться от исторической постановки вопроса. Задача историка сводится к совершенно иной трактовке проблемы. Он должен показать, как и под влиянием каких именно условий менялись, дифференцировались и усложнялись конкретные формы, которые находил человек, чтобы удовлетворить свои элементарные инстинкты, и здесь на сцену должны выступить социологические соображения, а не абстрактная фразеология о «природе человека» и органически присущих ей «потребностях» и «стремлениях».

Впрочем, мы несколько отвлеклись в сторону. Социология Розенбергера так слаба, что тратить время на ее детальное опровержение, пожалуй, *не* имеет смысла. Для нас достаточно просто указать, что в отношении исторического метода книга немецкого историка стоит значительно ниже самых минимальных требований<sup>1</sup>.

Чтобы дать читателю кое-какую социологическую канву, на которую он мог бы наложить фактический материал, сообщаемый Розенбергером, мы попытаемся набросать схематически основные исторические вехи развития естествознания в одну из важнейших эпох, о которых говорит немецкий историк в первом томе своей

---

<sup>1</sup> Впрочем, наши беглые критические замечания насчет розенбергеровских рассуждений о «природе» человека все же имеют свои резоны. Напомним, что в приведенной несколько выше выписке, подводящей итоги разбора Розенбергером взаимоотношений между философской, математической и экспериментальной физикой, тоже фигурировала эта злосчастная «природа». «Человеческой природе вообще свойственна склонность... постоянно пытаться сразу, одним усилием объяснить все загадочное, всю природу...» (стр. 143). Таким образом и во время от времени повторяющейся гегемонии философской физики тоже повинна природа человека. Поистине, природа эта является и панацеей и источником всех зол. Но где же кончается *природа* и начинается *история*, об этом Розенбергер не говорит ни слова.

#### 14 С. Ф. ВАСИЛЬЕВ

работы. Наши замечания, конечно, ни в коей мере не смогут заменить отсутствующий у Розенбергера социологический анализ. Однако, как нам кажется, они смогут все же принести известную пользу, дав некоторый материал для ориентировки.

Розенбергер прав, начиная историю научной физики с греков. Хотя новейшие исследования и показывают, что сложившаяся ранее концепция, согласно которой греки с самого начала выступили на арену научного мышления как вполне самостоятельная сила, неверна <sup>1</sup>, — пока, все же, специфически научные методы мышления нам приходится датировать эпохой создания ионийской физиологии.

В том обстоятельстве, что именно греки разработали основные принципы научного познания, повинны, конечно, не специфические первичные свойства «свободного духа» народов, населявших балканские берега Средиземного моря, а чрезвычайно благоприятная историческая ситуация, в какую попали эти народы к VII веку до нашего летосчисления.

В самом деле, Греция обладала сравнительно скудной природой и очень рано начала нуждаться, с одной стороны, в отдушинах, через которые можно было бы выбрасывать избыточное народонаселение, а с другой — в импорте целого ряда продуктов из прилегающих стран. Обе эти потребности могли быть удовлетворены сравнительно легко, ибо географические условия были очень удобны как для разрешения эмиграционной проблемы, так и для развития торговли. Греция, площадь которой равнялась приблизительно площади современной Португалии, обладала береговой линией, большей, чем та, которую имеет Испания <sup>2</sup>.

Обстоятельство это должно было сильно содействовать развитию греческого мореходства, которое стимулировалось к тому же скудостью природы. Этим и объясняется раннее развитие торговли и необычайно быстрый темп колонизации греками побережий Черного и Средиземного морей.

Развитую денежную торговлю мы встречаем у некоторых греческих племен (напр. у мидян) уже в VIII в. до нашей эры. Что же касается до торговой колонизации, то некоторое представление о районах и размерах ее дают следующие факты. Уже с первой четверти VIII в. начинается систематическая колонизация греками черноморского побережья и основывается ряд крупных по тогдашним масштабам «городов: Синоп (ок. 785.), Трапезунд (ок. 750) и др. Колонизация Сицилии началась в это же время (Сиракузы были основаны около 755 г.). В устьях Нила греки утвердились около 700 г. и т. д.

Важнейшая роль в этом колонизационном процессе выпала на

<sup>1</sup> См. напр. работу С. Лурье «К вопросу о египетском влиянии на греческую геометрию» («Архив истории науки и техники» т. I. Изд. АН 1933); его же История античной общественной мысли» (М. 1929); J. Faure «L'Egypte et les presocratiques» (Paris 1923); Hopfner «Orient und griechische Philosophie» (Leipzig 1925) и др.

<sup>2</sup> Ср. Гомперц «Греческие мыслители», т. 1, стр. 4.

## ПРЕДИСЛОВИЕ 15

долю Милета, который, благодаря своему географическому положению, выполнял роль главного посредника между Грецией и более старыми восточными цивилизациями. К концу VII века Милет насчитывал у себя уже около 100 больших торговых колоний.

Рост торговых связей и обусловленное им расширение географического горизонта влекли за собою соответствующие сдвиги в области миропонимания. На месте патриархально-феодалного земледельческого традиционализма начинают пробиваться первые ростки рационалистического индивидуализма. Носителями этих новых веяний явились торговцы, которые очень быстро стали эмансипироваться от всех традиционных форм жизненного уклада и мышления.

Путешествуя по всему тогда известному миру, эти торговцы имели возможность наблюдать массу самых различных бытовых укладов, обычаев, верований и т. д. В их сознании накопился целый ряд всевозможных научных сведений. Торговые путешествия знакомили их с географией и космографией. От народов, с которыми они завязывали торговые сношения (главным образом египтян и финикийн), они перенимали математические и астрономические знания и т. д. Собирая все эти сведения, греческие торговцы, так сказать, секуляризировали их. У халдеев, египтян и финикийн научные сведения были достоянием жреческого сословия и составляли до известной степени часть их религиозной доктрины. У греков же эти сведения приобретали совершенно «светский» характер, так как не были элементами их собственного религиозного учения. Да и вообще жреческое сословие никогда не было в Греции развито особенно сильно.

Это последнее обстоятельство имело огромное значение. Гомперц справедливо замечает, что «поскольку простираются наши исторические познания, мы лишь там встречаем начатки научного исследования, где существование организованного жреческого и ученого сословия обеспечивает собою необходимый для этого досуг... Однако именно там первые шаги часто оказываются и последними, вследствие того, что добытые научные теории, слившись неразрывно с религиозными положениями, подобно им застывают в безжизненных догмах. Помочи, без которых не может обойтись ребенок, обращаются в путы, связывающие движения взрослого человека. Поэтому-то для успешности и свободы духовного прогресса эллинов столь неоцененным благом было как то, что его культурные предшественники имели жреческую организацию, так и то, что у них самих ее никогда не было: таким образом будущие носители научного развития человечества одновременно пользовались преимуществом и были освобождены от невыгод, связанных с существованием ученого жречества. Опираясь на подготовительную работу египтян и вавилонян, ничем не связанный греческий гений мог устремиться вверх и отважиться на полет, открывший ему высшие цели»<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> «Греческие мыслители», стр. 39-40.

## 16 С. Ф. ВАСИЛЬЕВ

Из систематизации разнообразных, полученных со всех концов земли, сведений и родилась греческая наука и научное мировоззрение. Последнее на начальных этапах своего развития явилось, таким образом, идеологическим выражением эмансипации торговцев, которые, почувствовав под собою прочную социальную базу, начали борьбу со старым феодальным укладом. Родиной новых идей была как раз Малая Азия (главным образом Милет), где торговля пустила наиболее крепкие и разветвленные корни. Главные же противники рационального научного миропонимания — мистицизм, теософские спекуляции орфиков и т. д. — в качестве географической базы имели преимущественно Западную Грецию, хозяйственную основу которой составляло земледелие.

Таковы социальные корни происхождения греческой науки. Мы видели, что тайна «свободного гения греков», к которому апеллировал Розенбергер, имеет свою разгадку.

Розенбергер сетует на греческих мудрецов за то, что они сразу же хотели строить космологию. «Для науки древних — пишет он — эта высокая цель принесла положительную пользу, возбуждая живой интерес к природе, но вместе с тем и положительный вред, отклоняя внимание от правильного пути, ведущего от изучения частного к объяснению целого»<sup>1</sup>. Однако необходимо понять, что подобный характер греческого естествознания, преследовавшего цель дать картину целого, был исторически совершенно неизбежен. «Так как греки — пишет Энгельс — не дошли еще до расчленения, до анализа природы (а подобный анализ требует длительной исторической подготовки. — С. В.), то она у них рассматривается ... как целое, в общем и целом. Всеобщая связь явлений в мире не доказывается в подробностях ... для греков она является результатом непосредственного созерцания. В этом недостаток греческой философии (и естествознания, слитного с философией. — С. В.), благодаря которому она должна была впоследствии уступить место другим видам мировоззрения. Но в этом же заключается ее превосходство над всеми ее позднейшими метафизическими соперниками. Если метафизика права по отношению к грекам в подробностях, то греки правы по отношению к метафизике в целом. Это одна из причин, в силу которых мы вынуждены будем в философии, как и во многих других областях, возвращаться постоянно к подвигам того маленького народа, универсальная одаренность и деятельность которого обеспечили ему такое место в истории человечества, на которое не может претендовать ни один другой народ. Другой же причиной является то, что в многообразных формах греческой философии имеются в зародыше, в возникновении почти все позднейшие типы мировоззрений. Поэтому и теоретическое естествознание, если оно хочет познакомиться с историей возникновения и развития своих современных общих теорий, должно возвращаться к грекам»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Стр. 33.

<sup>2</sup> «Диалектика природы», стр. 90. изд. 1929 г.



## ПРЕДИСЛОВИЕ 17

Разумеется, в этой оценке Энгельса дана гораздо более правильная и глубокая, чем в книге немецкого историка, характеристика сильных и слабых сторон греческого естествознания, совладавшего, как это понимает и Розенбергер, с натурфилософией. Описывая эволюцию античной физики, Розенбергер неоднократно подчеркивает, что античные естествоиспытатели совершенно не пользовались экспериментом и не могли подняться до создания опытной физики. Особенно подробно эта мысль развивается им при оценке физики Аристотеля. В отсутствии экспериментальных методов Розенбергер видит «коренную причину промахов всей древней физики: эта физика была философией природы, пытавшейся одним широким взмахом обнять все мироздание, а не скромной экспериментальной наукой, которая довольствуется объяснением простейших физических явлений»<sup>1</sup>.

Нельзя, конечно, не согласиться с Розенбергером в том, что для античной физики действительно характерно чрезвычайно слабое развитие экспериментальных методов. Розенбергер не прав только в том, что он совершенно отрицает какое бы то ни было их наличие у античных мыслителей. Между тем доказательства материальности воздуха Анаксагором и Эдпедоклом, монохорд пифагорейцев, опыты Птолемея над преломлением света и т. д. — все это эксперименты, хотя и примитивные<sup>2</sup>.

Поэтому нам приходится несколько ослаблять категоричность высказываний Розенбергера. Кроме того, мы должны указать и на то обстоятельство, что, констатируя отсутствие у античных физиков эксперимента, немецкий историк совершенно не попытался выяснить причины этой своеобразной черты античной физики. Между тем, уже в той литературе, которою мог пользоваться Розенбергер, был нащупан совершенно правильный ответ на этот вопрос.

Историки науки уже давно пришли к выводу, что многие черты, характерные для античного естествознания, объясняются своеобразным социальным укладом греческого и римского общества. В частности, отсутствие экспериментальных методов, берет свое начало именно отсюда. Мах, например, писал по этому поводу: «Естественные науки могли развиваться только в качестве побочного продукта из ремесел. Но ремесло и вообще физический труд презирались в древнем мире. Существовала резкая грань между *рабами*, занимавшимися физическим трудом и наблюдавшими природу, и *господами*, которые занимались на досуге умозрениями, но природу часто знали только понаслышке. Этим в значительной части объясняется *наивное, туманное и фантастическое* в античном естествознании. Только редко пробуждается у геометров, астрономов, врачей и инженеров стремление самим испытать, делать опыты. И это стремление всегда увенчивается

---

<sup>1</sup> Стр. 50.

<sup>2</sup> В работе J. Müllera «Ueber das Experiment in den Physik. Studien de Criechen» (1897) собран довольно большой материал по этому вопросу.

Розенбергер. История физики, т. I

## 18 С. Ф. ВАСИЛЬЕВ

значительным успехом, как, например, у Архита Тарентского или у Архимеда Сиракузского»<sup>1</sup>. И нам представляется, что эта точка зрения совершенно справедлива.

Зародившись на почве технической, производственной практики, античная наука, однако, не получала от нее в дальнейшем достаточно систематических оплодотворяющих толчков, так как между практикой и теоретическими спекуляциями встало рабовладение. Это обусловило, с одной стороны, специфическую *форму* всех теоретических конструкций античных физиков: абстрактность, отрешенность от мира, логическую отточенность, завершенность и аксиоматическую законченность, а с другой — создало в античной науке значительную и влиятельную *скептическую* струю, под конец совершенно заполонившую собою всю область античного теоретического знания.

Розенбергер объясняет влияние скептицизма в античной науке исключительно философским характером ее методов. «И в древности — пишет он — уже успели убедиться, что философия не способна оправдать возлагаемых на нее надежд и за этим последовала двоякая реакция. Философии отвернулась от природы и стала, с одной стороны, скептицизмом, провозгласившим устами софистов невозможность познания, с другой, — идеалистической философией, относившейся с презрением к изучению природы»<sup>2</sup>.

Эта точка зрения представляется нам не совсем правильной. Натурфилософский агностицизм и скептицизм объясняются по нашему мнению не столько преобладанием в античном естествознании философских методов, сколько шаткостью технической и экспериментальной базы этого естествознания. Иными словами, при объяснении корней скептицизма речь должна идти не о положительном вреде, нанесенном физике философией, а об отрицательном результате отрыва античной физики от необходимой для нее экспериментально-технической почвы. Заметим, попутно, что некоторые школы античной физики, — например, атомисты — понимали важность экспериментирования в процессе разработки физических теорий, и в произведениях Демокрита, а особенно, в канонике Эпикура, можно найти не мало положений, вошедших в плоть и кровь современной теории физического познания.

Чтобы не перегружать слишком сильно предисловия, мы должны ограничиться этими немногими замечаниями, касающимися общего характера античной физики. Перейдем теперь к «краткой характеристике отдельных ее представителей и течений и попытаемся в максимально сжатом виде изложить центральные идеи мыслителей, хотя и упоминаемых Розенбергером, но, как правило, — без достаточного освещения того, что они внесли в науку.

Изложенные выше соображения относительно происхождения античной физики дают нам ориентировку и для оценки ее первых

<sup>1</sup> «Познание и заблуждение», стр. 94.

<sup>2</sup> Стр. 38.

## ПРЕДИСЛОВИЕ 19

шагов. Мы видели, что научная мысль Греции зародилась в малоазиатских колониях и милетская школа дала первых глашатаев науки. Ионийская натурфилософия (Фалес, Анаксимандр, Анаксимен) была идеологией новых общественных групп, возникших из распада старого натуральнохозяйственного общества.

Заслуги ионийцев, недостаточно подчеркнутые Розенбергером, состоят в том, что они впервые выдвинули и формулировали — пусть в наивной и примитивной форме — те основные принципы, которыми и по сие время руководствуется и которые до наших дней обсуждает физическая наука.

Так, например, Фалес, главная задача которого заключалась в сведении многообразия окружающих человека явлений к единому первоначалу, положил начало поискам тех принципов физики, которые обычно называются *принципами сохранения*. Конечно, Фалес не формулировал ясно цели своих исследований, но из общей архитектоники его космологии последняя выявляется достаточно рельефно.

Что касается Анаксимандра, то ему, безусловно, принадлежит заслуга первой постановки космогонической проблемы, причем в своей собственной космогонии он с совершенной ясностью формулировал положение, которым и по сие время руководствуется наука. Это положение Таннери передает так: «Возникновение немислимо после бесконечно долгого устойчивого состояния, как немислимо и бесконечно долгое устойчивое состояние после разрушения, а потому приходится мыслить бесконечную периодическую смену возникновений и разрушений»<sup>1</sup>. Критика второго начала термодинамики, критика релятивистской космологии и в наши дни должна пользоваться этим принципом.

Наконец, Анаксимен первый признал и сознательно формулировал принцип безусловного *единства материи* и таким образом сделал дальнейший шаг по пути, который был впервые указан Фалесом. Конечно, принцип этот и по настоящее время является в значительной мере лишь программой, а не естественнонаучным фактом, но это не меняет дела. Гипотеза Проута, атомная модель Бора и т. д. являются достаточно вескими доказательствами того, что мысль Анаксимена и до наших дней в известной мере направляет поиски физиков. В то время как на востоке Греции и, в частности, в малоазиатских колониях под влиянием развития обмена мелкое крестьянство и землевладельческая аристократия потеряли руководящее значение очень рано, уступив место торговой буржуазии, на западе и в метрополии сильны были еще старые социальные традиции, базировавшиеся на косных условиях сельскохозяйственного производства. Этим, по-видимому, и объясняется длительное господство в метрополии и западных колониях мистических учений, заимствованных из Египта, учений, получивших название орфико-пифагорейских.

---

<sup>1</sup> «Первые шаги древнегреческой науки», стр. 106.

## 20 С. Ф. ВАСИЛЬЕВ I

Орфические учения представляют собою своеобразную переработку старых религиозных верований в соответствии с изменившимися общественными условиями. Отражая интересы земледельческого населения, страдавшего от развития денежного хозяйства, орфики не видели в будущем ничего хорошего и создали довольно целостную концепцию о прожитом уже человеком «золотом веке». Как социальный пессимизм орфиков был антитезой оптимизма милетцев, так туманная теософская мистика их космологических и физических конструкций была полной противоположностью логической прозрачности и рациональной ясности теорий ионийцев.

Пифагореизм — как оформление взглядов землевладельческой аристократии — вырос именно из орфических учений, и старая легенда не напрасно считает Пифагора учеником орфического богослова-систематика Ферекида. Для космологии пифагорейцев характерно изобилие самых наивных антропоморфизмов. Пронизывающий их физическое учение дуализм противоположных начал: предела и беспредельного, организованности и хаоса совершенно явственно связывается с их социальной концепцией, рассматривающей общество как борьбу аристократического начала «порядка» с хаотичностью и неорганизованностью демоса.

Хотя в противовес материализму ионийцев пифагорейцы и не смогли формулировать законченной идеалистической доктрины, все же их идеалистические тенденции дают себя чувствовать совершенно определенно. Поэтому обращения последующих идеалистов, и, в частности Платона, к пифагореизму отнюдь не случайны, а являются совершенно естественным выражением социальной преемственности и симпатии.

Ионийская наука очень быстро и убедительно показала, что между научным и антропоморфно-религиозным миропониманием лежит целая пропасть. Попытки пифагорейцев отыскать между ними общую почву оказались тщетными. На новой теоретической базе аналогичную попытку заново произвели элейцы и в частности Парменид. Такой теоретической базой послужили для них строгое разделение между неизменным миром истинного бытия и миром текучих явлений, миром иллюзорного бывания. Явившись с целью дискредитации достижений ионийской науки аристократией, элеизм сыграл большую роль для последующего развития греческой науки, так как заложил начало последующему методу софистов, а затем и скептиков. Задача элейцев была чисто отрицательной. Они хотели, отвергнув современную науку, тем самым расчистить некоторое место для традиционных воззрений. Эта отрицательная задача и обусловила специфический характер элейского метода. Однако, как правильно замечает Розенбергер, непосредственного влияния на *содержание* античной физики элейцы не оказали.

Гораздо значительнее было влияние Эмпедокла, явившегося детищем переходного периода. Хронологический рубеж между VI и V веками явился эпохой

## ПРЕДИСЛОВИЕ 21

глубокого разрыва между наукой греческого востока и запада. Однако к середине V века этот разрыв несколько сгладился. Западные мыслители должны были принять завоевания ионийской науки, заключавшиеся в учении о единстве вселенной и сводимости ее видимого многообразия к небольшому числу первичных начал. Они должны были также принять учение о том, что мир не тождественен с чувственной его картиной, и попытаться устранить все наиболее бьющие в глаза антропоморфные элементы старого мирозерцания. Став перед необходимостью усвоить новое, они не хотели отказываться от старого, так как всеми своими корнями были связаны с прошлым. Это двойственное положение мыслителей V века и объясняет противоречивую природу их философии. Старые орфические представления они должны были одеть в новый ионический костюм. Типичным представителем этой переходной эпохи и явился Эмпедокл.

Несмотря на свои консервативные тенденции, Эмпедокл внес в науку очень много нового. Характеризуя основные естественнонаучные идеи Эмпедокла, Гомперц пишет: «С Эмпедоклом мы как бы... переносимся в современную химию. Три основные идеи этой науки впервые отчетливо выступили перед нами: гипотеза множественности и притом ограниченной множественности основных элементов; идея соединений, в которые вступают между собою эти элементы, и, наконец, признание многочисленных количественных различий, или изменчивость пропорции в этих соединениях»<sup>1</sup>.

Что же касается Анаксагора, то в дополнение к сведениям, сообщаемым о нем Розенбергером, мы подчеркиваем только следующее. Отличаясь гораздо большим ионийским духом, чем Эмпедокл, Анаксагор главной своей целью считал, однако, обоснование принципа невозможности возникновения и уничтожения, предложенного Парменидом. Этот принцип он хотел соединить с объяснением реальных процессов изменения, примеры которых опыт дает на каждом шагу. Из этих противоречивых тенденций и выросла теория материи Анаксагора, несомненно, оказавшая влияние на Демокрита.

Мы должны заметить, что, несмотря на, в общем, весьма сочувственную оценку Демокрита и атомистической школы, Розенбергер все же слишком мало уделяет внимания изложению позитивных физических теорий атомистов. Между тем теории эти во многом явились предвосхищением новейших физических учений, и с этой точки зрения их значение для эволюции физики было чрезвычайно велико.

Будучи эмпириком, развивавшим на новой теоретико-познавательной базе основные идеи ионийцев, Демокрит обосновывал свои теории настолько позитивно, что должен был бы удовлетворить даже такого придирчивого критика, сетующего на отсутствие в греческом естествознании экспериментальной базы, как Розен-

---

<sup>1</sup> «Греческие мыслители», т. I, стр. 201.

бергер. Мокрая тряпка — говорит Демокрит — становится сухой, очевидно, бывшие в ее порах частицы воды улетели. Открыв флакон духов, мы ощущаем запах; очевидно, частицы, отделяющиеся из флакона, долетают до нашего носа. Кусочек краски, брошенный в жидкость, равномерно окрашивает ее; очевидно, частицы краски перемешиваются с частицами воды. Дуновение ветра можно объяснить как бомбардировку атомами воздуха. Различие агрегатных состояний есть различие в степени взаимной связанности атомов тел. Все эти аргументы и сейчас излагаются в учебниках физики и, по правде сказать, со времени Демокрита и Эпикура человечество придумало в защиту атомистики не так уж много принципиально новых доказательств.

О Платоне Розенбергер говорит только, что его теории не имели значения для развития физики. Это не совсем верно. Теории Платона оказали некоторое влияние на физику, но влияние отрицательное. Заимствовав много от Демокрита, Платон облек всю свою натурфилософию такой густой оболочкой анимизма и мифологии, что в результате были закрыты все пути для подлинного изучения природы. Влияние «западных» идей орфизма и пифагореизма на Платона оказалось решающим. Как наиболее крупный из идеологов аристократии он и попытался синтезировать их в единую систему.

На характеристике идей Аристотеля Розенбергер останавливается весьма подробно. Однако внимание это объясняется отнюдь не тем, что аристотелевы теории означали значительный шаг вперед в углублении наших знаний о природе. С точки зрения прогресса физического миропонимания учение Аристотеля, несомненно, являлось шагом назад по сравнению с учением Демокрита. Это должны были признать даже идеалистически настроенные историки греческой мысли. В частности, Ланге, книга которого фигурирует в списке использованных Розенбергером работ, указывает, например, на то, что *слово* играло в мирозерцании Стагирита слишком большую роль и что многие теории, предложенные им, сводятся к простому уяснению функции слова. «Аристотель старается — пишет далее Ланге — повсюду возможно теснее примкнуть к традиции, к народному мнению, к понятиям, выраженным в языке, и его этические требования по возможности мало удаляются от общепринятых обычаев и законов греческих государств. Поэтому он во все времена был излюбленным философом консервативных школ и партий»<sup>1</sup>. И нам представляется, что эта характеристика совершенно справедлива. При всем том Аристотель оказал огромное воздействие на последующую эволюцию мысли. В чем же тайна этого воздействия, чем оно объясняется? Розенбергер оставляет эти вопросы без ответа. Между тем они заслуживают внимания.

Нам кажется, что одной из характерных черт философии Аристотеля, объясняющей силу влияния ее на научное сознание

---

<sup>1</sup> «История материализма», перевод под ред. Соловьева, т. I, стр. 44.

## ПРЕДИСЛОВИЕ 23

средневековья, является ярко выраженная замкнутость и законченность. Ограничив круг своей вселенной, Аристотель двигался в этом кругу совершенно уверенно и категорично. Его система носила явственную печать того убеждения, что все необходимое и достаточное для решения теоретических вопросов в ней уже дано.

Следует подчеркнуть, что единства своего мировоззрения и, в частности, своей физики Аристотель добился, пользуясь средствами самого крайнего антропоморфизма и самой наивной телеологии. Но именно эти пути аристотелева мышления, именно эти явственные проявления нежелания Аристотеля порвать с традицией наивного чувственного миропонимания и должны были обеспечить его умозрениям успех.

Характерна для аристотелевой физики также тенденция к чисто *качественному* мышлению. Категории «материи», «формы» и «движения» аристотелева учения о природе с самого начала исключают какую бы то ни было возможность количественной математической обработки. Все многочисленные попытки дать на основе аристотельянства количественное учение о природе, имевшие место в конце средневековья, оказались совершенно бесплодными. И эта черта тоже должна была способствовать торжеству аристотельянства в средние века. При натурализации хозяйственных отношений в эпоху средневековья было бы трудно ожидать влияния мировоззрения, проникнутого математическими принципами. Наоборот, чуждое количественным понятиям и насквозь качественное миропонимание Стагирита должно было легко укладываться в сознание человека той эпохи.

Нам осталось еще два замечания по поводу освещения Розенбергером истории античной физики.

Первое касается роли математики в греческом мировоззрении и, в частности, в мировоззрении Платона и платоников. Несомненно, Розенбергер остается здесь в плену традиционных взглядов. Он неоднократно подчеркивает, что платоники были, прежде всего, математиками, а потом уже философами. Между тем, внимательный анализ показывает, что математические аналогии в философии Платона были лишь внешними аналогиями, не больше. Во всяком случае, реального научного значения они не имели<sup>1</sup>. Но это впрочем — деталь. Гораздо существеннее общее освещение, которое дает Розенбергер роли математики в античной физике.

Лишь только математика — пишет Розенбергер — «проявила склонность перейти на практическую почву и обрела в астрономии и физике гостеприимную область для применения своих положений, она отделилась от философии и вскоре достигла самостоятельности. Математика не только сама отделилась от философии, но и освободила физику из-под ее исключительной опеки, так что наряду с философской физикой возникла физика математическая, не соприкасавшаяся с первой даже в лице разрабатывав-

<sup>1</sup> См. об этом статью Выгодского «Платон как математик» (Сборник «На борьбу за материалистическую диалектику в математике», ГИЗ, 1931 г.).

24 С. Ф. ВАСИЛЬЕВ

ших ее ученых»<sup>1</sup>. В результате, к началу александрийского периода философия, по мнению Розенбергера, оказалась «на нисходящей, а математика — на восходящей линии развития.

Такая характеристика, на наш взгляд, не полна и поэтому не совсем верна.

Верно то, что александрийская физика не носила уже того характера, какой имела физика V и IV вв. Александрийские ученые отказались уже от попыток дать всеобъемлющую физическую теорию и принялись за детальное изучение отдельных явлений. Поэтому к философским принципам они относились довольно свободно, заимствуя из старого научного наследия лишь те или иные специальные объяснения, но не общие теории. Типичным примером является в этом отношении Герон. И несомненно, что с точки зрения естественного развития научного знания такое положение явилось шагом вперед. От суммарного объяснения целого физика, пользуясь, правда, довольно эклектически прошлым багажом, перешла к специальному изучению деталей. Гипотетический характер всех подобных детализированных теории был совершенно ясен даже непосредственным их творцам. И действительно, многие из предложенных теорий быстро пали под натиском скептической критики.

Однако была область знания, которая, по-видимому, сумела выдержать натиск даже самых придирчивых критиков, «именно — математика. Математика давала действительно совершенный образец строго необходимого и общеобязательного научного рассуждения. Естественно должна была возникнуть мысль об использовании математического метода для придания достоверности физике. Так постепенно подготавливалась почва для возникновения математической физики.

Но специфические черты александрийской математики должны были отразиться и на возникающей математической физике. Для всей александрийской математики характерна исключительная забота о форме. Культивировавшаяся классом, мало связанным с непосредственным производственным процессом, она была утонченным продуктом интеллектуальной деятельности, призванным удовлетворять скорее эстетические, чем технические потребности. В геометрических произведениях Евклида это нашло себе достаточно яркое выражение. И было бы, конечно, трудно ожидать, чтобы в трактатах по оптике Евклид отказался от усвоенных им общих принципов.

Даже Архимед, который стоял в некоторой оппозиции к александрийцам, или, во всяком случае, был по отношению к ним самостоятелен, не представляет в данном случае исключения. Розенбергер пишет о методе Архимеда, что «последний хотя и дает надежные результаты, но ... имеет тот недостаток, что скрывает путь, по которому сам изобретатель пришел к своим основным положениям»<sup>1</sup>. Замечание это совершенно справедливо.

---

<sup>1</sup> Стр. 61.



## ПРЕДИСЛОВИЕ 25

Оно впрочем, должно быть отнесено не только к Архимеду, но и ко всем античным математикам. Их метод действительно был совершенно агенетическим. Формальная строгость этого метода обуславливалась чрезвычайно сильным влиянием в идеологии античного общества скептической философии, подвергавшей самой едкой критике все позитивные научные теории. Математики хотели, используя методы, разработанные еще в эпоху софистики, с самого начала гарантировать себя от покушений критики. Отсюда — педантизм и формализм Евклида. Отсюда же — агенетизм Архимеда.

В самом конце XIX века Гейбергу посчастливилось найти в одном палимпсесте неизвестное сочинение Архимеда *Ephodion*<sup>1</sup>, которое с поразительной ясностью свидетельствует о том, что Архимед пользовался при доказательстве многих своих теорем методом, чрезвычайно близким к нашему нынешнему методу интегрирования. Однако всюду результаты своих исследований он излагал в традиционной синтетической форме, так как, по-видимому, опасность критических нападков со стороны скептической философии казалась ему чрезвычайно актуальной.

О Героне Розенбергер говорит очень мало, так как в ту пору, когда немецкий историк составлял свою книгу, главное сочинение Герона «Механика» было известно лишь по незначительному количеству фрагментов. То же относится и к Филону Византийскому. Однако в 1894 г., на основе вновь открытых арабских переводов, удалось почти полностью реконструировать «Механику» Герона, а в 1897 г. «Пневматику» Филона. Эти реконструкции показали, какое важное значение для физики имели работы двух названных ученых<sup>2</sup>.

Мы не станем следовать за Розенбергером в освещении последующих периодов истории науки, охваченных им в настоящем томе. И без того предисловие наше слишком разрослось. Для социологической оценки сообщаемых Розенбергером фактов читатель должен обратиться к специальной литературе. Устраним только одно довольно существенное фактическое недоразумение, фигурирующее в тексте первого тома и связанное с оценкой Розенбергером алхимии.

«Пока арабы смешивали и разделяли вещества — пишет Розенбергер — стараясь превратить свинец в золото химическими приемами, они оставались химиками; когда же они наряду с веществом, долженствовавшим произвести это превращение, начали отыскивать философский камень — этот источник всякого совершенства,— то из адептов науки они превратились в шарлатанов. Вот

<sup>1</sup> Впервые было опубликовано в журнале «Hermes» в 1907 г. Немецкий перевод, сделанный Гейбергом вместе с Цейтеном, был в том же 1907 г. издан в *Biblioth. Mathem. III, Folge VII*.

<sup>2</sup> В недавно вышедшем на русском языке первом томе «Истории естествознания» Даннемана (Медиз 1932), читатель может найти довольно полное изложение содержания обоих названных сочинений (стр. 188—198).

почему алхимия, вопреки существующему мнению, так же мало совпадает с химией, как астрология с астрономией»<sup>1</sup>.

Желание порвать с установившимся мнением привело здесь Розенбергера к несомненной ошибке. Астрология имела с астрономией чрезвычайно важную общую задачу именно — научиться определять положение небесных светил для любого как будущего, так и прошедшего момента времени. Без удовлетворительного (т. е. точного) решения этой задачи астрологи не считали возможным пускаться в свои фантастические конструкции, на основе которых составлялись гороскопы. Поэтому естественно, что астрология подготовила рождение астрономии. Большой наблюдательный материал, собранный астрологами, разработка различных методов наблюдений и вычислений, выполненная ими, — все это вошло в железный инвентарь научной астрономии.

Совершенно аналогично обстояло дело и с алхимией. Поиски философского камня заставляли алхимиков разрабатывать различные методы анализа, производить всевозможные пробы и т. д. На этом пути накоплялся большой материал, который лег затем в основу научной химии. Отделять алхимические задачи от химических, как это делает Розенбергер, было бы совершенно неправильно, ибо химические задачи реально были очень долго подчинены алхимическим. В конце концов, поиски философского камня сыграли в истории химии такую же роль, как поиски *perpetuum mobile* аз истории физики. Поэтому сбросить всю алхимию со счетов истории науки — это значит сделать большую ошибку.

Конечно, многие алхимики были шарлатанами. Такой авторитетный историк естествознания, как Таннери, квалифицирует эпитетом шарлатана даже Гебера, крупнейшего из арабских алхимиков, оказавшего наибольшее влияние на латинский запад. Но дело, в конце концов, не в личной честности того или иного из исторических персонажей, а в социальной значимости тех взглядов, которые он проповедовал. Заявления Гебера, что он открыл тайну философского камня, только прищипывали усердие западных алхимиков.

Не получила ли экспериментальная физика первые намеки на свой метод от алхимии? — спрашивает Розенбергер, и тут же продолжает: — «Ответим прямо: ни у арабов, ни у христианских физиков средневековья не замечается ни малейших признаков подобного влияния, и это, по нашему мнению, объясняется тем, что алхимия — не наука, и что беспорядочные гадательные пробы всех возможных химических комбинаций не имеют ничего общего с экспериментальным, научным методом»<sup>2</sup>.

В этой суровой оценке верно, во-первых, то, что алхимия почти не влияла на физику и, во-вторых, что эмпирические пробы алхимиков мало похожи на настоящий экспериментальный метод науки. Но объяснение этих фактов дано совершенно неправильное.

---

<sup>1</sup> Стр. 84.

<sup>2</sup> Стр. 84.

## ПРЕДИСЛОВИЕ 27

Если мы возьмем историю уже не алхимии, а химии, то убедимся, что химия тоже почти не оказывала влияния на развитие физики. Наоборот, также как и алхимия, химия сама испытывала сильные воздействия физики и реформировалась под их влиянием. И дело объясняется отнюдь не тем, что химия «менее научна», чем физика, а просто-напросто тем, что, изучая более сложный тип взаимодействия явлений природы, химия неизбежно должна была обратиться к помощи тех соотношений, которые были установлены для более элементарных процессов.

Совершенно аналогично обстояло дело и с алхимией. Она просто не могла влиять на науку, продвинувшуюся значительно дальше ее. Наоборот, она должна была испытывать воздействие с ее стороны. Но, — надо сказать прямо, — в конце концов в средневековой физике было отнюдь не меньше фантастических элементов, чем в алхимии.

Мы осветили далеко не все моменты книги Розенбергера, которые нуждаются в критической оценке. В рамках предисловия такая задача вообще вряд ли выполнима. Нам важно было показать лишь общий характер работы немецкого историка, чтобы при чтении ее читатель знал, что к ней нужно относиться критически, и заранее мог подготовить свое внимание к тому, чтобы наиболее слабые моменты книги не прошли для него незамеченными.

Если читатель действительно вдумчиво и критически отнесется к изложению Розенбергера, то он получит от него вполне достаточный материал, чтобы приступить к работе над специальными трудами по истории отдельных физических проблем. Все необходимое для первоначальной ориентировки в исторических фактах в книге Розенбергера имеется. И дело только за вдумчивым и критическим ее чтением.

*С. Васильев.*

## **ПРЕДИСЛОВИЕ К НЕМЕЦКОМУ ИЗДАНИЮ.**

Автор предлагаемого сочинения поставил себе главной целью изложить историческое развитие физики таким образом, чтобы, с одной стороны, было удобно установить состояние этой науки в каждый данный момент времени, а с другой стороны, — определить общее направление ее развития. Для осуществления своей цели он применял три приема в отличие от предыдущих работ по истории физики, но в этом автор как раз надеется найти оправдание для появления в свет *своего* труда. Насколько автору известно, прежние сочинения представляют собою, собственно, не историю физики как единой науки, а истории отдельных физических дисциплин, распределенные на большие и меньшие периоды и изложенные в большей или меньшей взаимной связи. При таком изложении общий обзор состояния всей науки в целом до того затрудняется, что читатель, не сделавший изучения истории физики своей специальностью, не может получить понятия об общем характере науки за то или другое время. К тому же нередко случается, что как раз те писатели, которые ставят своей главной целью изложить развитие этой науки, относятся слишком легко к хронологическому порядку и перескакивают вперед и назад через промежутки в сотни лет. Если и можно допустить законность подобных скачков там, где дело идет об одном ряде развития, следует, однако признать, что этот метод делает почти невозможным сравнение различных рядов и изучение их параллелизма и взаимодействия; кроме того, конечно, для истории важно знать также и пробелы, и периоды застоя научной жизни.

Автор старался избежать этих недостатков, *строго придерживаясь хронологического порядка* и разбирая все физические открытия по времени их появления. Он сознает, конечно, что такая внешняя последовательность во времени может идти в ущерб внутренней связи, создавая впечатление мнимых перерывов в ходе развития там, где их в действительности нет. Поэтому, в целях облегчения, каждому отделу предпосланы введения, в которых наперед отмечаются руководящие параллельные и перекрестные нити и дальнейшее их направление.

Для полного понимания развития физики требуется, однако, еще кое-что, сверх знания одних исторических данных. Быть может, ни одна наука на всех ступенях своего развития в такой степени не стояла в зависимости от других знаний, как именно физика. Первое место принадлежит здесь неоспоримо филосо-

## ПРЕДИСЛОВИЕ К НЕМЕЦКОМУ ИЗДАНИЮ 29

фии, которая не только притязала, но и действительно имела на физику некоторое влияние. Правда, со времени господства экспериментального метода, физика большею частью отрицала это влияние, и ее летописцы оставляли последнее в большей или меньшей степени вне поля своего зрения. Автор считает, однако, и то и другое неправильным и потому старается, *по крайней мере, обращать внимание читателя на развитие философии во всех тех случаях, где последняя соприкасается с физикой.*

И, наконец, автор пытается учесть влияние на физику других наук с помощью *синхронистических таблиц*; в последних приведены те факты из области математики, химии и естествознания, а также исторические события, знание которых полезно для уяснения хода развития нашей науки <sup>1</sup>.

Читатель, основательно знакомый с историей физики, не будет, конечно, ждать после всего сказанного от этой книги много нового *материала*; но если при просмотре ее он найдет, что знакомые ему области в новом освещении представлены верно и соответственно действительности, автор сочтет себя счастливым. Физику же, только приступающему к изучению истории этой науки, автор желал бы предложить свой труд в виде поощрения и основы для дальнейших исследований, в соответствии с чем он охотно назвал бы свою книгу «*Введением в историю физики*», если бы не имел в виду еще другой цели. Появление многочисленных сочинений по истории культуры, рассчитанных на обширный круг читателей, указывает на возрастание в образованной среде интереса к этим вопросам; равным образом и в популярных физических работах историческим сведениям теперь обыкновенно отводится довольно значительное место. Однако полного изложения истории физики, доступного общему пониманию, пока не существует. Автор был бы поэтому очень рад, если бы его труд пополнил указанный пробел и способствовал распространению сведений о ходе развития нашей науки в широких кругах. Это-то и побудило его заменить упомянутое только что заглавие, подразумевающее дальнейшее изучение предмета, нынешним, не заключающим в себе подобного указания.

Сказанным выше автор свои намерения изложил. О том, чего он достиг, будет судить читатель. Трудность поставленной задачи была автору ясна; в своих силах он тоже был не слишком уверен. Прося снисхождения читателя к своему труду и к себе лично, он представляет свою работу на его благожелательный суд.

Если приговор окажется не слишком суровым, то вслед за этим первым выпуском появятся два других. В первом будет изложена история физики примерно до 1750 г., а во втором — до новейшего времени.

Франкфурт, март 1882 г.

Д-р Фердинанд Розенбергер.

---

<sup>1</sup> Упоминаемые здесь синхронистические таблицы будут в настоящем переиздании приложены к третьему тому. Ред.

### 30 ПРЕДИСЛОВИЕ К НЕМЕЦКОМУ ИЗДАНИЮ ЛИТЕРАТУРА.

Автор по многим причинам воздерживался от излишних цитат в тексте. Чтобы восполнить этот пробел, он приводит перечень сочинений, которыми он преимущественно пользовался:

*Montucla*, Histoire des Mathe'matiques, 1758 und 1802.

*Kastner*, Geschichte der Mathematik, 1800.

*Fischer*, Geschichte der Physik, 1805 bis 1808.

*Poggendorff*, Geschichte der Physik, 1879.

*Whewell*, Geschichte der inductiven Wissenschaften, übers. v. Litrow, 1840

*Wilde*. Geschichte der Optik, 1838.

*Duhring*, Geschichte der Principien der Mechanik, 1877.

*Libri*, Histoire des sciences math. en Halie, 1835 du 1841.

*Suter*. Geschichte der mathematischen Wissenschaften, 1873 bis 1875.

*Cantor*, Vorlesungen über Geschichte der Mathematik, 1880.

*R. Wolf*, Handbuch der Mathematik und Physik, 1869 bis 1872.

*Lange*, Geschichte des Materialismus, 1876 bis 1877.

*Lewes*, Geschichte der Philosophic, 1880 bis 1881.

*Ueberweg*, Grundriss der Geschichte der Philosophie. 1880 bis 1881.

*Draper*, Geschichte der geistigen Entwicklung Europas, 1865.

*Kopp*, Geschichte der Chemie, 1843.

*Kopp*, Beitrage zur Geschichte der Chemie, 1869 und 1875.

## I. ИСТОРИЯ ФИЗИКИ ДРЕВНИХ ВЕКОВ

(Приблизительно от 600 г. до н. э. до 700 г. н. э.)

Древняя физика является почти исключительно физикой греков. Индийцы, халдеи, египтяне, правда, раньше их начали размышлять над явлениями природы, но до θεωρία φυσική, до науки о природе, они не могли прийти, потому что их религиозно-мистические воззрения не могли их привести к мысли о естественной закономерности явлений. Египтяне и халдеи передали грекам ценные астрономические наблюдения и несколько важных математических положений, но только греки применили эти данные для развития реальных наук. Учителя не сумели извлечь пользы из своих открытий, невзирая даже на пример греков, и ни разу не пытались объяснить явления природы в их причинной связи. Напротив, везде, где восточные ученые сталкивались с греческой наукой, они примешивали к ней мистические элементы, таинственные сверхъестественные силы. В числовой мистике пифагорейцев сказывается халдейское происхождение; неоплатоническую философию, основанную александрийским евреем Филоном, признают смесью учения Платона с восточным мистицизмом, а первоначальное развитие астрологии и алхимии прямо приписывается халдеям и египтянам. Только свободному гению греков, искавшему всюду познаваемую связь явлений, оказалось по силам основать науку о природе, и ему же исключительно принадлежит создание древней физики. Римляне, этот второй культурный народ древности, очень мало сделали в области естествознания. Ум их был сам по себе достаточно трезв, чтобы уберечь усвоенную ими науку от темных, сверхъестественных влияний, но им не доставало теоретического интереса, стремления к истине ради нее самой. Занятие науками, не приносящими непосредственной пользы, казалось истым римлянам пустой тратой времени. Поэтому они предоставили разработку естествознания своим учителям — грекам, стараясь только извлекать возможную выгоду из добытых последними результатов. То, что Цицерон в своих «Тускуланских беседах» высказал по поводу греческого взгляда на математику, наглядно показывает отношение римлян и к другим наукам: «В величайшем почете была у греков геометрия, и никого не ставили они выше математиков; мы же преимущественно ценим в этой науке искусство счисления и измерения».

При обсуждении заслуг греков в области физики не следует забывать, что мы имеем здесь дело с *начатками науки*. Иначе,

## 32 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВНЕЙ ФИЗИКИ

как это много раз случалось, наше суждение будет ошибочным. Между физикой греков и нашей — целая пропасть, не столько по *материалу*, сколько по способу его *обработки*. Замечательно, что у древних мы находим все специальные отделы физики разработанными до известной степени или, по крайней мере, намеченными; на первом месте стоят у них рассуждения об общих свойствах материи, механика и оптика; на втором — акустика и учение о теплоте; относительно магнетизма и электричества им известен, по крайней мере, факт притяжения магнитной руды и натертого янтаря. Только *метод исследования* у них совсем не тот, который мы ныне называем физическим в собственном смысле.

Греков наводят на физические исследования привлекательное для всех зрелище звездного неба, смена времен года, атмосферные явления; значительно развитая и занимавшая выдающееся место на всех национальных торжествах музыка; доведенная до значительного совершенства живопись; машины, употребляемые при художественных сооружениях, и, наконец, в не меньшей степени, вся совокупность загадочной жизни органической природы. Их изумительно сильный ум побуждает их искать и дает возможность найти объяснение для всех явлений природы и открыть между ними закономерную связь.

К своей цели они стремятся двояким путем. Либо они пытаются дать общие законы, из которых с логической последовательностью может быть выведена естественная закономерность явлений, — это метод *натурфилософии*, господствовавшей до Аристотеля включительно. Или же они пытаются уяснить себе свойства сложных явлений при помощи математической дедукции, приняв за исходную точку простые и не требующие доказательств положения, — таков метод *математической физики*, главным представителем которого является Архимед. Вернейший путь ускользнул, однако, от их внимания, именно метод *физического наблюдения* в собственном смысле. Изучая физические явления в том виде и в том месте, где они их находили, греки никогда не думали о надежном способе воспроизведения этих явлений, не давали себе труда проверить свои выводы новыми наблюдениями и не пробовали расчлнять сложные явления посредством опытов, расположенных по известному плану и подчиненных известным условиям, с целью найти прочное основание для своих объяснений. Короче сказать: *опытное исследование* — вот, что отделяет новейшую физику от древней. Пояснения этого положения будут приведены в нижеследующих отделах.



## 1. Физика как чистая натуральная философия

(Приблизительно от 600 до 300 г. до н. э.)

*Первыми физиками были греческие натурфилософы*, которые пытались разрешить старую проблему о происхождении мира и о совершающихся в нем изменениях не прежними мифологическими баснями, а естественным путем. Доискиваясь начала всех вещей, т. е. материи или вещества, из коего произошло все видимое, и деятеля, обуславливающего все видимые изменения, они с детской доверчивостью надеялись сразу изгнать все загадочное из мироздания. Предприятие это, конечно, безнадежное, но заманчивое. Невзирая на многочисленные неудачи, даже и в наши дни смелые философы пробуют рассечь узел одним взмахом, и масса по-прежнему идет к ним с надеждою и сочувствием. Для науки древних эта высокая цель принесла *положительную пользу*, возбуждая живой интерес к природе, но вместе с тем и *положительный вред*, отклоняя внимание от правильного пути, ведущего от изучения частного к объяснению целого.

Греческий ум отличается особенной силой творчества в области гипотез. Он, можно сказать, почти исчерпал все мыслимые теории для объяснения вселенной, так что наши современные

гипотезы можно признать как бы непосредственным продолжением неудавшихся попыток древних. Я, конечно, не имею в виду Иделера, открывшего у Аристотеля волновую теорию света, или Швейгера, который на мифе о диоскурах строит предположение о точном знакомстве древних с обоими видами электричества,

и т. д. Мне хотелось бы здесь только указать на *учение пифагорейцев о движении земли и ни атомистику Демокрита*. Тем не менее, и в древности уже успели убедиться, что философия неспособна оправдать возлагаемых на нее надежд, и за этим последовала двоякая реакция. Философия отвернулась от природы и стала, с одной стороны, *скептицизмом*, провозгласившим устами софистов невозможность познания, с другой — *идеалистической философией*, относившейся с презрением к изучению природы. *Платон*, страстный поклонник чистой математики, не хочет слышать даже о практической астрономии, заявляя: «Истинных астрономов я признаю мудрецами, но к ним причисляю не тех, которые, подобно Гезиоду и другим сходным с ним звездочетам хотят служить науке, наблюдая восход и закат светил, а людей, исследующих восемь сфер небесных и великую гармонию вселенной — единственный предмет, достойный и приличный для человеческого ума, просвещенного богами».

### 34 ФИЗИКА КАК НАТУРФИЛОСОФИЯ

Однако греческий ум, полный живого интереса к естественным явлениям, не мог долго оставаться вне общения с природою. Уже в лице Аристотеля, величайшего из учеников Платона, греки вернулись к ней с обновленными силами — правда, все еще со старой манерой объяснять мир, исходя из определенных начал, но зато с бо́льшим против прежнего стремлением руководиться данными наблюдения. *Аристотель олицетворяет собой величайший триумф греческой натурфилософии, но, с другой стороны, с ним и прекращается единовластие философии в области естественных наук.* Его преемники проявляют мало творчества; они довольствуются развитием и изложением существующих теорий; вся *натурфилософия* приходит в постепенный застой и заканчивает свое существование в виде простой истолковательницы древних мыслителей. Зато в физику проникает новая наука — *математика*. В школах пифагорейцев и платоников, по преимуществу, последняя достигла такого развития, что математики не только отделились от философов, но и успели захватить другие области для приложения своей науки. Невзирая на протест Платона, видевшего в прикладной математике унижение чистой науки, математикою пользуется астрономия, и вскоре после Аристотеля начинается ее *приложение к физическим проблемам*, обозначающее собою наступление *второго периода греческой физики*.

**ФАЛЕС МИЛЕТСКИЙ** (640—550 до н. э.) — первый греческий физик, один из семи мудрецов Греции и основатель ионийской философской школы. Уже в немолодых годах он отправился в Египет для изучения египетской мудрости и умер в 550 г. от старческой слабости, присутствуя на олимпийских играх. Его известное изречение: *«Начало всех вещей — вода, из воды все происходит и все возвращается к воде»*, по замечанию Аристотеля, вызвано, вероятно, наблюдением, что пища и семя по своей природе влажны. Льюис в своей истории философии замечает, что изречение это согласуется с теогонией Гезиода, по которой Океан и Фетида считаются родоначальниками всех богов, имеющих отношение к природе. По мнению Дрэпера («История умственного развития Европы»), подобное учение могло, всего скорее, возникнуть в Египте, где плодородие земли находится в прямой зависимости от нильских вод.

Аристотель приписывает Фалесу знание *притягательной силы магнита*. Другие утверждают даже, что ему было известно *притяжение янтаря при трении*. Этим ограничиваются наши сведения о физических познаниях Фалеса.

Что касается его астрономических открытий, то никто не решит, конечно, сколько из них следует отнести на долю его учителей — египтян, сколько принадлежит лично ему и сколько его преемникам. До нас не дошло ни одного из сочинений Фалеса или его учеников, и все сведения о нем почерпнуты из позднейших источников. Фалесу приписывают: *разделение небесного свода на пять поясов; открытие наклона эклиптики; определение видимой величины луны, которая, по его наблюдениям, составляет  $\frac{1}{720}$  целой окружности; учение о шаровид-*

## ИОНИЙСКИЕ НАТУРФИЛОСОФЫ 35

ности земли и ее неподвижном положении в центре мelenной. Несомненно одно, что он предсказал *солнечное затмение* (585 до н. э.)<sup>1</sup>, для чего, по всей вероятности, он воспользовался так называемым саросом, периодом затмений в  $6585\frac{1}{2}$  дней, вычисленным вавилонянами на основании долголетних наблюдений.

Льюис оспаривает пребывание Фалеса в Египте и вообще сомневается в египетском источнике его знаний, но вряд ли основательно. Философия могла, пожалуй, иметь в нем своего единственного родоначальника, но невероятно, чтобы он, без всяких предшественников в математике и астрономии, один мог приобрести все те познания, которые приписывает ему древность. Во всяком случае, против Льюиса говорит то обстоятельство, что Египет был открыт для чужеземцев в 670 г. Псаметихом и что в конце того же столетия в Греции как бы внезапно расцвели три новые науки — философия, астрономия и математика — в лице одного человека.

Преемником Фалеса по ведению ионийской школы был *АНАКСИМАНДР* (610—547 до н. э.), тоже милетский уроженец. Анаксимандр считал началом всех вещей *первичное вещество, качественно неопределенное и бесконечное, из коего выделяются первоначальные противоположности тепла и холода, сухости и влажности*. Из влажного начала произошла земля, и из него же развились постепенно, под влиянием тепла, растения и животные; последние были сначала рыбообразными и лишь с постепенным высыханием земли они приняли другие формы.

Второй преемник Фалеса, *АНАКСИМЕН МИЛЕТСКИЙ* (около 550 г. до н. э.) возвращается к качественно определенному, но зато количественно бесконечному первоначальному веществу, а именно — к *воздуху*. Все тела произошли из воздуха, потому что от сгущения воздух превращается в воду, а вода в землю, через разрежение же из воздуха происходит огонь. Все существа вдыхают воздух, живут им и в него, в конце концов, возвращаются. При всех разногласиях, старшие натурфилософы ионийской школы имеют между собою то общее, что они признают *единое первоначальное вещество, которое превращается во все другие вещества и из которого развивается все*. Эта идея развития тем интереснее, что в скором времени должно возникнуть противоположное ей учение элейской школы.

Относительно астрономических заслуг двух последних философов существует та же неопределенность, как и относительно Фалеса. Некоторые приписывают им множество открытий, очевидно, заимствованных у египтян и халдеев. Таковы: *изобретение гномонов* (отвесных столбов на горизонтальной плоскости, тень которых служит для определения полудня) и связанное с этим изобретение *солнечных часов*; построение глобусов (Сна которых были начертаны астрономические круги) и *географических карт*. Другие, наоборот, отрицают у древних ионийцев всякое здоровое понятие о физической астрономии, приписывая им представление о фигуре земли в виде *диска* или *цилиндра*, который, по

<sup>1</sup> Астрономы Эри и Гайнд вычислили, что оно должно было произойти 28 мая.

### 36 ПИФАГОР

Фалесу, плавают на воде, по Анаксимену, — в воздухе и окружен хрустальным небосводом, на котором звезды прикреплены наподобие золотых гвоздей.

*ПИФАГОР САМОССКИЙ* (582—500 до н. э.) был, по-видимому, учеником Фалеса или Анаксимандра, или, по крайней мере, знал их обоих. После долгих путешествий, преимущественно по Египту <sup>1</sup>, он основал в Кротоне, у Тарентского залива, школу и философско-политический тайный союз. В этот союз не допускался никто без продолжительного и строгого испытания. Поступающий осуждался на пятилетнее молчание, и только когда его способность самоотречения бывала достаточно доказана, он мог быть введен в святилище науки и принят в общество. Невзирая на такие суровые условия, общество быстро разрасталось и приобрело политическую власть над Кротонем и многими греческими городами, чем и возбудило зависть и вражду противных партий. Пифагорейцы и их владычество были, наконец, низвергнуты после сильных смут. По мнению одних, сам Пифагор погиб в этих столкновениях; по мнению других, он бежал в Метапонт и здесь в храме муз умер добровольной голодной смертью.

Характер тайного союза был причиной того, что сохранилось *мало достоверного об учении Пифагора и его школы*. Все наши сведения заимствованы из позднейших источников, ненадежны, смутны и содержат много сказочных примесей. Судя по тому, что дошло до нас, учение пифагорейцев трактовало не *столько первоначальное вещество, сколько распределение вещей в природе, их число и меру*. Аристотель, который всегда приводит мнения предшественников, говорит, что пифагорейцы искали и думали найти аналогию всего существующего и происходящего скорее в числах, чем в огне, земле или воде; они пришли к заключению, что *элементы чисел тождественны с началами вещей*. Эта основная мысль заставляла их искать всюду числовые законы и распределять все согласно последним, но в то же время она побуждала их приписывать известные свойства (каковы совершенство, несовершенство, бесконечность и конечность) самим числам. Таким-то путем пришли они к тому мистическому числовому учению, которое впоследствии в соединении с астрологией продержалось до средних веков. Пифагорейцы имеют перед физикой меньше заслуг, чем этого можно было ожидать, судя по их математическому направлению; их философия была математической, но их математика находилась под слишком сильным влиянием мистического начала.

Один только физический закон неоспоримо принадлежит школе Пифагора, хотя и здесь способ открытия его искажен баснями. Проходя мимо кузницы, где несколько рабочих ковали железо, Пифагор подметил, что молоты издавали гармонические тоны, именно: октаву, квинту и кварту. Войдя в кузницу, он убедился, что различие тонов зависело от различного веса молотков, именно, что самый легкий имел  $\frac{1}{2}$ , следующий  $\frac{2}{3}$  и, наконец, последний  $\frac{3}{4}$  веса наиболее тяжелого молота. По возвращении домой, Пифагор подвесил четыре шнура равной тол-

<sup>1</sup> Кантор («Gesch. d. Math.») считает пребывание Пифагора в Египте несомненным, а в Вавилонии вероятным.

## ПИФАГОРЕЙЦЫ 37

щины и к ним привязал гири одинаковых весовых отношений с молотками кузницы. Шнуры эти при ударах давали те же музыкальные интервалы, как и молоты, и Пифагор мог, таким образом, свести *гармонические интервалы к числовым отношениям*. Последнее, по свидетельству древних, не подлежит сомнению, так как гармонические отношения играют у пифагорейцев выдающуюся роль; но описание, конечно, неверно. Во-первых, наковальня, как и колокол, при ударах различными молотами издает постоянно один и тот же тон, во-вторых, струны издают указанные выше тоны, когда их длины, а не натягивающие их гири, находятся в указанном выше отношении <sup>1</sup>. Впрочем, у других можно найти прямые указания на то, что пифагорейцы верно определили связь между гармоническими интервалами и длинами струн и тем положили *научное основание для одной части акустики, именно для учения о гармонии*. Пифагора даже упрекают в том, что он признавал созвучиями только октаву, квинту и кварту, отвергнув столь приятно звучащую терцию, вследствие большей сложности ее числового отношения. Первая рукопись из среды самих пифагорейцев принадлежит *Филолаю*, современнику Сократа (470—399). К сожалению, от нее уцелели лишь отрывки, подлинность которых притом довольно сомнительна. Из этих отрывков можно, тем не менее, составить себе довольно ясное представление о *системе мира пифагорейцев*. Они первые учили (если не принимать в расчет притязаний представителей ионийской школы), что земля шарообразна, «но не на основании математического убеждения, а на основании требований геометрической гармонии; доискиваясь совершенства в творении, они и земле придали наиболее совершенную форму». В центре вселенной пифагорейцы поместили чистейшее из всех веществ — *огонь*, а вокруг этого центрального пламени *заставили вращаться на гармонических расстояниях противоземлю, луну, солнце, Меркурия, Венеру, Марса, Юпитера, Сатурна* и сферу неподвижных звезд. Так как обитаемая половина земли была постоянно отвращена от центрального огня и противоземли, то последние оставались невидимыми для людей; солнце же и луна отражали им образ центрального пламени. По примеру Аристотеля, пифагорейцев обвиняли в том, что они придумали противоземлю для пополнения мистического числа десяти мировых сфер. Пешель («История географии») обращает внимание на то, что вследствие преломления лучей сияющее солнце и затемненная луна могут, по-видимому, наблюдаться стоящими друг против друга (при так называемых горизонтальных затмениях), причем затмение луны не может быть объяснено без знания рефракции, и полагает, что пифагорейцы прибегли к центральному пламени и противоземле для объяснения затмений. Одновременно с Филолаем пифагорец *Гикет из Сиракуз* пропагандировал ту же систему вселенной. На счет воззрений Платона спорили много, но без надежных результатов. Один из учеников его *Гераклид Понтский* и пифагорец *Экфант* снова признали землю центром вселенной и стали объяснять вращение сферы неподвижных звезд движением земли вокруг своей оси. Гелиоцентри-

<sup>1</sup> Lewes, *Gesch. d. Philosophie*; Poggenodrf, «*Gesch. der. Physik*».

### 38 ЭЛЕАТЫ

ческая система в собственном смысле слова установлена впервые только Аристархом.

Третья из древнегреческих философских школ — *элейская*, начинающаяся с *КСЕНОФАНА* (569—477) и достигшая высшего развития при Пармениде (V век до н. э.), направлена против ионийского учения о развитии; она принимает в природе единое неизменно сущее и считает всякое возникновение и множественность призраком. Для нас элейцы заслуживают внимания по своему влиянию на последующих, так называемых *младших натурфилософов*, принимавших, в отличие от ионийской школы, *неизменяемость первоначального вещества*, а в отличие от элейской — *множественность элементов его*.

Первым из этих младших натурфилософов считается *АНАКСАГОР* (500—428 до н. э.) из Клазомен в Лидии. Любовь к науке рано заставила его покинуть родину для Афин, где он весь отдался изучению философии, причем до такой степени пренебрег имущественными своими интересами, что имел полное право сказать: «Я обязан философии своим материальным разорением, но зато душевным благополучием». К числу его учеников принадлежали знаменитейшие люди Греции — Перикл, Еврипид, Сократ. Это, быть может, и вооружило против него завистников, которые обвинили его в безбожии и приговорили к смерти. Периклу стоило большого труда добиться, чтобы смертная казнь была заменена Анаксагору ссылкой. Философ прожил до самой кончины в Лампсаке, утешая себя мыслью: «Не я лишился афинян, а афиняне лишились меня». Лампсакийцы поставили в честь его памятник с громкой надписью: «Здесь покоится Анаксагор, который достиг крайнего предела истины, познав устройство вселенной».

От главного сочинения Анаксагора: «О природе»<sup>1</sup> до нас дошло лишь несколько отрывков. Он не признает *превращения вещества* при видоизменении предметов и объясняет эти видоизменения *соединением и разъединением мельчайших, невидимых глазу, частиц материи*. «Греки ошибочно предполагают, будто что-либо начинается или прекращается; ничто не возникает вновь и не уничтожается; все сводится к сочетанию или разъединению вещей, существовавших от века. Вернее было бы признать возникновение сочетанием, а прекращение разъединением». *Мельчайших, невидимых глазу частиц* (*σπερματα*, семенами называет их Анаксагор, *ομοιομερεϊα* называет их позднее Аристотель) существует бесконечное множество, и все они — *непреходящие и неизменные первоначальные вещества, отличающиеся друг от друга по форме, цвету и вкусу*. Всякое вещество состоит из особых однородных между собой начал — огня, золота, крови и т. д. Вначале элементы эти были беспорядочно перемешаны; вселенная возникла после того» как *Νοῦς*, т. е. дух, разум, распределил и соединил между собой незримо малые частицы. Место *Νοῦς* в природе темно: это — движущее начало, сила, в противоположность материи. При этом Анаксагор, однако, принимает, что простые движения могут быть выполнены материей самостоятельно; поэтому Платон и Аристотель

<sup>1</sup> *περὶ φύσεως*.

## МЛАДШИЕ НАТУРФИЛОСОФЫ 39

обвиняют Анаксагора в том, что он призывает  $\text{Nov}\zeta$  на выручку, когда другие объяснения не приводят его к цели.

Одно замечание в платиновом «Федоне», которое он влагает в уста Сократу, настолько характерно, что мы приведем его здесь: «Я слушал человека, читающего книгу, которая, по его словам, была написана Анаксагором. Когда он читал, что разум всем управляет и все созидает, я был весьма утешен этим объяснением и был рад признать разум причиной всего. Так думал я и готовился приветствовать в Анаксагоре учителя, который объяснит мне смысл явлений; научит, во-первых, плоска ли или шаровидна земля, и докажет, почему это так, указав цель, с точки зрения которой всего лучше, чтобы земля имела данную форму. Если же он скажет, что она лежит в центре, то он и докажет, что действительно это положение всего целесообразнее. В таком случае мне не придется дальше искать никакой другой причины. Однако, друг мой, мне пришлось расстаться с этою отрадною надеждой после того, как дальнейшее чтение открыло мне, что Анаксагор не делает никакого употребления из разума, не указывает истинных причин для распределения отдельных явлений в строгом порядке, а напротив того, признает воздух, эфир, воду и много других неподходящих вещей причиной всех вещей».

Весьма интересны и до сих пор не разъяснены с точки зрения их происхождения воззрения Анаксагора на строение мира. В центре вселенной, по его мнению, покоится земля; солнце и звезды — раскаленные каменные массы, которые удерживаются от падения только вращением небосвода. Солнце гораздо больше всего Пелопоннеса, да и луна настолько велика, что на ней умещаются горы и долины; свет свой она получает от солнца.

Обманчивость наших чувств была уже известна элейцам. Анаксагор приписывает цвета тел только нашему ощущению, и, чтобы выразить это как можно резче, он провозглашает парадокс: «снег черен».

*ЭМПЕДОКЛ ИЗ АГРИГЕНТА* (492—432 до н. э.), молодой современник Анаксагора, разделяет отчасти взгляды последнего. В книге «О природе» он говорит: «Безумцы полагают, что может возникнуть что-либо никогда не бывшее или погибнуть, исчезнуть без следа что-либо существующее. Я постараюсь открыть вам истину. В природе нет возникновения того, что может умереть; нет полного уничтожения; ничего, кроме смешения и разъединения сочетанного. Только невежды называют это рождением и смертью». В основу этих изменений Эмпедокл *не кладет, однако, подобно Анаксагору, бесконечного множества первичных веществ, а лишь четыре стихии или «корня»: землю, воду, воздух, огонь.* Стихии эти неизменны и не способны ни возникать одна из другой, ни переходить друг в друга. Из их-то смешения и разъединения происходит все. Движение стихий обуславливается *двумя противоположными силами: любовью и враждой.* «То все стремится к слиянию воедино силой любви, то единое расторгается непримиримой враждой». В этих соединяющих и разъединяющих влияниях любви и вражды некоторые были склонны видеть прообраз понятия о центростремительной и центробежной силе или, по крайней мере, соединить эту теорию с аристотелевским представлением о легкости и

#### 40 АТОМИСТЫ

тяжести тел. Однако, и то и другое неосновательно. На самом деле, Эмпедокл только потому разделил надвое единую вседвижущую силу Анаксагора, что ему казалось невозможным объяснить действием одной и той же силы два совершенно противоположных движения.

*Чувственные восприятия* Эмпедокл объяснял существованием *тончайших истечений* из тел и существованием в *органах чувств скважин*, воспринимающих те или другие эманации, смотря по своей форме. От светящихся тел направляются истечения к глазу, а из глаза исходят истечения по направлению к телам. От встречи обоих истечений возникает изображение предметов. *Звуки* возникают вследствие проникновения истечений в трубообразный слуховой проход, *запахи и вкусы* — вследствие проникновения мельчайших частиц в соответственные органы.

О жизни Эмпедокла известно мало определенного. На основании позднейших источников рассказывают, будто он увлекался ролью чудотворца и пророка, любил расхаживать в одежде жреца: он появлялся в золотом поясе и дельфийской короне, окруженный многочисленной толпой слушателей. Гораций говорит: «Эмпедокл хладнокровно бросился в пылающее жерло Этны, чтобы прослыть божеством, существом бессмертным». Но легенда прибавляет, что гора извергла назад железные сандалии, показав этим, что исчезло мнимое божество.

**ДЕМОКРИТ АБДЕРСКИЙ** (460—370 или 360 до н. э.) и его старый друг и учитель *Лейкипп* обыкновенно упоминаются вместе. Лейкипп, как уверяют, еще в 500 г. создал *атомистическую теорию мира, которую окончательно разработал Демокрит. Согласно этому учению, вселенная состоит из пустого пространства и бесконечного множества неделимых мельчайших частиц — атомов, отличающихся не качественно (как у Анаксагора), а лишь по своему очертанию, положению и распределению. Тела возникают и исчезают лишь путем сочетания и разъединения атомов, так как из ничего не может произойти ничего, и ничто существующее не может исчезнуть. Движение атомов обуславливается не влиянием какой-либо внешней, независимой от них, силы, а действием силы, присущей им самим от века. А именно все атомы находятся в состоянии постоянного падения в бесконечном пространстве; при этом движении крупные атомы падают быстрее мелких, наталкиваются на них и производят боковые движения, или вихри, при посредстве которых атомы сплавиваются в тела. Эти вихри лежат в основе образования вселенной.* Что касается спорного вопроса о пустоте пространства, то Демокрит (по словам Аристотеля) приводит в его пользу следующие доказательства: возможность движения в пространстве; возможность разрежения и сгущения тел; рост тел, происходящий благодаря проникновению пищи в скважины тела, и, наконец, странным образом, неправильное наблюдение, будто стакан, наполненный золой, вмещает в себе воды меньше объема, незанятого золой.

В вопросе о *чувственных восприятиях* Демокрит разделяет взгляд Эмпедокла. Только по поводу зрения он еще резче восстает против господствовавшего тогда учения о лучах, исходящих из глаза и как бы ощупывающих предмет. Демокрит говорит определенно, что *зрение*



## АТОМИСТЫ. МЕТОН 41

обусловливается падением ни поверхность глаза мелких атомов, исходящих от светящегося предмета; он полагает, что предметы дают постоянно изображения ( $\epsilon\iota\sigma\omega\lambda\alpha$ ), применяющиеся к окружающему воздуху и проникающие в душу через поры органов чувств. Теория истечения света пользовалась этой мыслью до новейшего времени для объяснения обращения изображений при зеркальном отражении.

Демокрит употребил свое значительное состояние на продолжительные путешествии по Египту и Азии, так что он имел право говорить о себе: «Среди своих современников я объездил наибольшее число стран, исследовал отдаленнейшие явления, видел обширнейшие пространства неба и земли, слышал наибольшее число ученых, а в сочетании линии и в относящихся к тому доказательствах меня не превзошел никто, даже *египетские землемеры*, с которыми я в течение пяти лет имел постоянное общение на чужбине». После этих путешествий Демокрит, удалившись от всяких дел, жил до самой смерти в своем родном городе. От многочисленных сочинений его до нас дошли лишь незначительные отрывки.

От Анаксагора через Эмпедокла к Демокриту замечается постепенное развитие механистического мировоззрения. Анаксагор принимает еще качественное различие элементов и допускает, что некий божественный дух, хотя и почти механически, влияет на движение. Эмпедокл сводит указанные качества только к четырем и делит единую сверхъестественную силу на две, уже чисто механические, а Демокрит прямо отвергает всякое качественное различие атомов и всякую силу, лежащую вне их. *Механистическая теория мира достигает, таким образом, в Демокрите высшей точки своего развития, но вскоре находит могущественное противодействие в телеологических взглядах Аристотеля*, энергичного противника теории атомов и пустого пространства. Однако вопреки его авторитету, эпикурейцы, а также — хотя и в меньшей степени — стоики продолжали разрабатывать атомистическую теорию, получившую, наконец, в современной физике почти бесспорное господство. Это учение представлено у нас, правда, не совсем в прежней форме, но все же оно явственно сохраняет древние демокритовские черты.

*МЕТОН* и *ЕВКТЕМОН* (432 до н. э.) исправили греческий календарь. Именно, они нашли, что 19 лет равны по времени 235 обращениям луны (синодическим месяцам), и распределили, по довольно сложной системе, 6940 ( $365\frac{1}{4}\cdot 19$ ) целых дней на 19 лет. По их календарю луна с каждым новым годом представлялась почти в той же световой фазе, и деление времени согласовалось, таким образом, с движением солнца и луны, — условие, которого греки до того напрасно добивались от своих календарей. Получаемый этим путем 19-летний период называют *метоновским*, и числовую последовательность лет этого цикла до сих пор обозначают в календарях золотым числом. Тем не менее, метоновский календарь заключал в себе одну существенную неточность: если даже принять год круглым числом в  $365\frac{1}{4}$  дней, то период в 3940 дней оказывается на 6 часов длиннее продолжительности солнечного обращения, а по сравнению с лунным — даже на  $7\frac{2}{3}$  часов.

## 42 МЕХАНИКА МАТЕМАТИЧЕСКАЯ. ТЕОРИИ ПЛАНЕТ

По этой причине Калипп 100 лет спустя еще раз исправил греческий календарь, посоветовав исключить один день в четвертом периоде. Полученный, таким образом, цикл в  $4 \cdot 19 = 76$  лет называется *калиппическим периодом*.

*Физические теории ПЛАТОНА* (429—347 до н. э.) (изложенные в диалоге «Тимей») имеют мало значения: согласно им, земля покоится в центре вселенной; планеты следуют друг за другом в расстояниях, соответствующих гармоническим отношениям тонов; элементы огня имеют форму тетраэдров, элементы воздуха — октаэдров, воды — икосаэдров, а элементы земли — кубов. Этим элементам соответствуют четыре области: ниже всех лежит наиболее тяжелая стихия — земля; затем следуют вода, воздух и огонь. Каждая стихия стремится занять свое место, и тела следуют движению преобладающего в них начала: камень падает на землю, огненные пары поднимаются вверх.

Современник Платона, пифагореец *АРХИТ* (430—365 до н. э.; уроженец Тарента), по-видимому, первый ввел определенный метод в механику. Платон ставит ему в упрек приложение математики к решению механических задач и механики — к решению геометрических построений. Ему приписывают изобретение блока, винта и автомата (летающего голубя). Более подробных сведений о его механических работах, к сожалению, до нас не дошло.

*ЕВДОКС КНИДСКИЙ* (408—355 до н. э.). Евдокс ученик Платона, был первым астрономом древности, *искавшим научного объяснения для запутанного движения планет*. Ионийцы и пифагорейцы принимали для каждой планеты особую сферу, полый шар, при посредстве которого она двигалась вокруг земли. От их внимания не могли ускользнуть разнообразные неправильности планетных путей, неравномерное их перемещение по небесному своду, то ускоренное, то замедленное, и, наконец, обратное «движение верхних планет». Но, несмотря на все это, они упорно отстаивали *необходимость равномерного кругового движения* для всех небесных тел, потому что только такое движение казалось им достойным неба. Платон предложил своим ученикам заняться разрешением этой проблемы, и Евдокс с поразительной изобретательностью придумал объяснение. Он предположил, что каждая планета укреплена на прозрачной шаровой оболочке, вращающейся у полюсов и заключенной в другой такой же концентрический шар, который, в свою очередь, заключен в третий, и т. д. Каждая из сфер вращается равномерно вокруг своей оси в свойственном ей направлении, а из совокупности вращательных движений всех шаровых оболочек в различных направлениях складывается собственное неравномерное движение столь причудливо укрепленной планеты. Для каждой планеты требовалось вообще 4 сферы: первая для дневного движения совместно с неподвижными звездами, вторая для изменения долготы, третья для изменения широты и четвертая для обратного движения планеты. Для солнца и луны Евдокс принимает по три шаровых оболочки, так как на них не замечалось действия четвертой. Но и при этом пришлось допустить внушительный сонм в 26 сфер для обращения планет, независимо от сферы неподвижных звезд. Невзирая на сложность этой гипотезы, она имела успех, так что даже Аристотель и вышеупомянутый

## ГРЕЧЕСКАЯ НАТУРФИЛОСОФИЯ ПРИ АРИСТОТЕЛЕ 43

Калипп не только допускали ее, но и старались ее усовершенствовать. Калипп увеличил число сфер до 33, а Аристотель до 55 <sup>1</sup>.

Евдокс был, очевидно, превосходным наблюдателем. Уверяют, что он долгое время жил в Египте и производил свои наблюдения в Гелиополисе. Долгое время после его смерти еще показывали в Каире башню, служившую ему обсерваторией.

**АРИСТОТЕЛЬ** (384—322) родился в *Стагире*, городе северной Греции, у Стримонского залива. В детстве он вместе с отцом (врачом Никомахом) переселился в Пеллу, ко двору македонского царя Аминта, и здесь познакомился с будущим царем Филиппом, расположение которого оказалось для него впоследствии столь полезным. Пребывание в Пелле не могло, однако, быть продолжительным. Когда Никомах умер, оставив сыну значительное состояние, ученая слава Платона увлекла 17-летнего юношу, и он отправился учиться в Афины. В Афинах Аристотель оставался 20 лет, т. е. до смерти Платона, с которым он находился в постоянном общении. Затем он пробыл некоторое время при дворе своего бывшего слушателя, атарнейского владетеля Гермия, и женился на его приемной дочери Пифии, после того как Атарней был захвачен персами, а владетель изменнически убит. Из Митилен, куда спасся Аристотель, его вскоре вызвал македонский царь Филипп, желавший поручить ему воспитание своего 14-летнего сына Александра. Если судить по словам последнего: «Я чту Аристотеля наравне со своим отцом, так как если я отцу обязан жизнью, то Аристотелю обязан всем, что дает ей цену», — то между знаменитым учителем и великим учеником должны были существовать весьма хорошие отношения. Однако последние продолжались в таком виде не более 4 лет, именно до вступления Александра на престол. Затем Аристотель оставался в Македонии еще 3 года, до первого похода Александра в Персию. Около 355 г. он вернулся в Афины и здесь, в Ликейоне, основал свою знаменитую философскую школу, которая получила название перипатетической, вероятно, по тенистым аллеям (*περίπατοι*), где Аристотель любил читать свои лекции. Тринадцать лет излагал он здесь свое учение перед многочисленной толпой ревностных слушателей. За тем антимакедонская партия в Афинах возвела на него обвинение в оскорблении богов, и Аристотель добровольно покинул город, «желая избавить сограждан от вторичного преступления против философии» <sup>2</sup>. Аристотель поселился в Халкиде на о. Эвбее и здесь вскоре умер (322).

Аристотель был небольшого роста, худощав и отличался некоторой внешней изысканностью. В разговоре он был склонен к сарказму. Заслужен ли, однако, отзыв Бэкона Веруламского: «Аристотель, подобно восточному деспоту, душил своих противников», более чем сомнительно. Значительное состояние и содействие (могущественного ученика дали ему возможность собрать значительную библиотеку, которую впоследствии Птолемей Филадельф купил для александрийского музея. Впрочем, подлинные рукописи Аристотеля, однако, не

<sup>1</sup> «Zeitschrift f. Math. u. Phys.», XXII Jahrgang, *Schiaparelli*, Ueber die homocentrischen Sphären des Eudoxus, Kalippus und Aristoteles.

<sup>2</sup> Сократ.

#### 44 МЕХАНИКА

попали в александрийскую библиотеку, а были позднее привезены Суллой в Рим, где Андроник Родосский примерно в 70 г. до н. э. издал в свет, по крайней мере, чисто научные сочинения Аристотеля в том виде, как они дошли до нас. Лучшее издание их было предпринято в 30-х годах нашего столетия берлинской академией наук трудами Эм. Беккера.

Рассмотрим сперва физические теории Аристотеля, а затем уже перечислим вкратце его сочинения<sup>1</sup>.

Природа есть совокупность физических тел, состоящих из вещества и находящихся в состоянии непрерывного движения или изменения. Всякое движение предполагает пространство и время. *Пространство сплошь заполнено материей; следовательно, не существует ни пустого пространства, ни мельчайших неделимых частиц материи или атомов.* В пустом пространстве, как в простом отрицании материи, невозможно ни определение, ни различие места; движение же предполагает различие места, значит, в пустом пространстве движение немыслимо.

Если мы будем искать начала чувственных, т. е. осязаемых вещей, то мы найдем не более *четырёх противоположностей*, доступных ощущению и не выводимых из каких-либо других начал: *тепло и холод, сухость и влажность.* Они представляют собою первоначальные качества материи. Так как противоположности не могут быть соединены, то из попарного сочетания их получаются *четыре основных вещества*, именно: *жаркий и сухой огонь, жаркий и влажный воздух*<sup>2</sup>; *холодная и влажная вода, холодная и сухая земля.* Четыре вещества эти содержатся во всех телах либо в действительности, либо потенциально и могут быть выделены из всех тел. С другой стороны, они сами неспособны разлагаться на другие вещества, отсюда их и называют *стихиями или началами.*

*Начала по природе своей легки или тяжелы. Земля абсолютно тяжелая, огонь абсолютно легкая стихия, воздух и вода относительно легки или тяжелы, смотря по их сочетанию с другими началами. Всем земным телам, рядом со свойственными им стихиями, присуща легкость или тяжесть. Все тела стремятся вниз к земле или вверх к небу и двигаются в этом направлении до тех пор, пока сопротивление другого тела не остановит их движения. Движения снизу вверх и сверху вниз поэтому естественны для тел и продолжаются до насильственного прекращения. Все же другие движения являются вынужденными или насильственными, порожденными толчком или давлением, и подобно теплоте прекращаются сами собой, когда исчезает поддерживающая причина. Естественные прямолинейные движения тяжелых и легких тел неравномерны, конечны и потому несовершенны. Совершенным же может быть названо только круговое движение, продолжающееся равномерно и однообразно во веки веков. Для осуществления этого совершеннейшего движения в природе находится еще пятое начало, которому круговое движение так же свойственно, как прямолинейное — земным*

<sup>1</sup> Большею частью по Льюису, *Аристотель*, Лейпциг, 1865.

<sup>2</sup> Древние физики не умеют отличать различных видов воздуха, равным образом, не отличают паров от воздуха.

## СТРОЕНИЕ МИРА 45

телам. Это — *эфир из которого состоит небо*, — quinta essentia. Сфера неподвижных звезд, которая по природе своей движется равномерно вечные времена, состоит из чистого эфира. Планеты уже смешаны с земными составными частями, потому-то их движениям недостает строгой правильности.

*Земля, состоящая из более тяжелого начала, не может двигаться, а должна покоиться в центре вселенной. Она шарообразна.* Выпуклость земной поверхности очевидна уже из того, что при путешествиях к северу или югу звезды поднимаются или опускаются над горизонтом; шаровидность земли доказана еще тем, что земная тень при лунных затмениях всегда кругла. Кроме того, земля должна иметь вид шара в силу естественных причин, так как все тела равномерно стремятся к ее центру, как к средоточию вселенной. *Окружность земли равна, по Аристотелю, 400 000 стадиям*, или около 9970 географическим милям (т. е. почти вдвое больше действительной). Как он пришел к этой цифре — неизвестно.

*Относительно свободно падающих тел Аристотель знает, что они падают с постепенно возрастающей скоростью*, но закон ускорения ему, разумеется, неизвестен. Точно так же неизвестно ему, что все тела падают с одинаковой скоростью в безвоздушном пространстве. Он предполагает поэтому, что *скорости различных тел при падении соответствуют их тяжести*: тело, которое вдвое тяжелее другого, падает и вдвое скорее. Такое определение довольно странно, потому что Аристотель знал о сопротивлении воздуха и легко мог объяснить замедленное падение некоторых тел этим сопротивлением. Но, с другой стороны, ему совершенно неизвестна косность (инерция) вещества при естественных движениях, и потому он не может придти к мысли, что сопротивление может уравновешивать тяжесть большей массы и поддерживать равномерность скорости при свободном падении. С большими затруднениями Аристотель встречается при объяснении насильственных движений тел. Его удивляет, например, почему движение брошенного тела продолжается после того, как оно отделилось от бросившей его руки. В конце концов, он приходит к заключению, что брошенное тело оставляет после себя пустое пространство, в которое и устремляется воздух, сообщая телу новый толчок. Объяснение это, независимо от общей его неудовлетворительности, идет дальше своей цели и в механических проблемах снова приводит к вопросу: что же заставляет брошенное тело наконец остановиться?

Из простых машин Аристотель правильно объясняет действие рычага: *«Большим плечом рычага можно приподнять больший груз, потому что большее плечо производит большее движение»*; или *«Сила, приложенная на большем расстоянии от точки опоры, легче двигает груз, так как она описывает больший круг»*. В этих положениях дано не только доказательство закона рычага, но и намечен закон *сохранения силы*. Что Аристотель имел, хотя, конечно, отдаленное, предчувствие об этом законе, видно из другого места, где он утверждает, что *тела, у которых произведения весов на скорости равны, обнаруживают равное действие*. К сожалению, отрадное впечатление, произведенное верным определением действия рычага, испорчено про-

## 46 АКУСТИКА И ОПТИКА

странным исследованием, в котором философ, не довольствуясь доказательствами, что рычаг должен действовать именно так, как он утверждает, старается объяснить то, что ему кажется загадочным в этом действии, столь же загадочными свойствами круга.

*Закон рычага — лучшая часть аристотелевской механики.* Почти все остальное испорчено несчастной гипотезой абсолютно тяжелых и абсолютно легких начал, причем механика жидких тел пострадала еще больше механики твердых тел. Из этой гипотезы следует, что вода не может быть тяжелой по отношению к земле, а воздух — к воде, и что, следовательно, вода не может производить давления на землю, а воздух — на воду. Вот почему Аристотель для объяснения явлений присасывания должен изобрести *отращение природы от пустого пространства*, *hoigog vacui*, несмотря на то, что ему известна тяжесть воздуха и что он даже пробовал взвешивать последний.

*Акустические и оптические явления* рассматриваются Аристотелем при описании органов чувств. Рядом с множеством темных и неверных данных, рядом с пустым набором слов здесь встречается много точных наблюдений, много глубоких и верных мыслей, так что заслуги *Аристотеля в этих областях* следует *поставить гораздо выше, чем в области механики.* Звук происходит не вследствие того, что звучащее тело своим давлением сообщает воздуху известную форму, как думают некоторые, а оттого, что оно определенным образом приводит воздух в движение. Воздух при этом сжимается и растягивается и ударами звучащего тела проталкивается все далее и далее, отчего звук и распространяется во всех направлениях. «Не всякое тело дает при толчке звук; полые же тела звучат потому, что вслед за первым толчком они производят ряд других вследствие отскакивания, так как частицы, приведенные в движение, оторваться не могут. — Ни воздух, ни вода (когда звук распространяется через последнюю) не являются причиной звука; для образования последнего необходим удар твердых тел друг о друга и о воздух. — Воздух сам по себе беззвучен вследствие подвижности своих частиц, но если это передвижение встречает препятствие, то движение воздуха становится звуком. Воздух замкнут в полостях уха в состоянии неподвижности для того, чтобы можно было резко ощущать тончайшие различия движений». «Эхо возникает, когда воздух встречает на пути своего движения стену и отбрасывается назад подобно мячу».

При исследовании зрения Аристотель, подобно Демокриту, восстает против теории зрительных лучей, исходящих из глаза: «*Если бы видение зависело от света, исходящего из глаза, как из фонаря, то почему бы нам не видеть в темноте?* Предполагать, что свет гаснет, когда по выходе из глаза попадает в темноту, — бессмыслица». Прежние философы, присваивавшие каждому органу чувств особое начало, присвоили глазу огонь. Разделяя это воззрение вообще, Аристотель полагает, что по отношению к глазу следовало бы огонь заменить водой. «Орган зрения состоит из воды; орган, воспринимающий звуки, — из воздуха; орган обоняния — из огня; орган, служащий для осязания, — из земли, вкус есть род осязания. Глаз состоит из воды, но зрение зависит не от жидкого его состояния, а от прозрачности. Это

## УЧЕНИЕ О ТЕПЛОТЕ 47

свойство вода разделяет с воздухом, но она воспринимает и сохраняет образы лучше воздуха; вот почему зрачок и глаз состоят из воды. Душа находится не на поверхности глаза, но внутри; поэтому необходимо, чтобы внутренняя часть глаза была прозрачна и доступна свету». Прозрачное (среда между светящимся телом и глазом) имеет, по Аристотелю, большое значение, и он обращает особое внимание на то, что мы не можем видеть предмета, приложенного непосредственно к глазу. «Если в прозрачном находится нечто огненное, то получается свет; в противном случае получается тьма. Как в природе свет сменяется тьмой, так и в телах образуется белое и черное. Будучи поставлены рядом, они могут различаться в такой слабой степени, что тело не будет казаться ни белым, ни черным; а так как оно должно иметь какой-нибудь цвет, то получается другой смешанный, вместо белого и черного». Цвета, по Аристотелю, не представляют, следовательно, чего-нибудь абсолютно видимого, но они только присущи видимым предметам и происходят вследствие того, что свет наблюдается сквозь темное, а свет и тьма смешиваются между собою. Так, солнечный свет, видимый сквозь туман, кажется красным, а *радуга происходит оттого, что солнце, отражаясь в более темных обликах, дает все цвета.*

*Теплоту* Аристотель рассматривает как *основное качество, присущее, прежде всего, огню как стихии, но, вместе с ним и всем телам.* Так как огонь по своей природе постоянно стремится кверху, то этим объясняется испарение воды, плавание тел и т. д. Насколько вредно, однако, отражается отсутствие точных измерений в физике, как мало разумного можно высказать относительно физических явлений, когда различные причины не изучены с точки зрения своего действия путем наблюдения, показывает следующее место, относящееся к действию теплоты. «Кипящая вода согревает сильнее пламени, но пламя сжигает горючее и плавит плавимое, вода же нет. Далее, кипящая вода жарче слабого огня, но теплая вода охлаждает скорее и сильнее слабого огня, так как огонь не теряет жара, вода же постепенно охлаждается. Кроме того, кипящая вода наощупь горячее, но холодеет и отвердевает скорее масла. Кровь на ощупь теплее воды и масла, но быстрее их отвердевает. Камни, железо и т. п. нагреваются медленнее воды, но, будучи нагреты, они жгут сильнее. Сверх того, одни из так называемых теплых тел содержат постороннюю теплоту, другие же обладают собственной. Существует, однако, большая разница между тем и другим видами тепла. Одно тело имеет теплоту случайно, не по своей природе, совершенно так, как в случае, если бы больной лихорадкой был музыкантом и кто-нибудь сказал, что музыкант теплее человека, обладающего здоровой теплотой. Между телами, из которых одно обладает собственной теплотой, а другое нагрето случайно, первое охлаждается медленнее, второе же теплее на ощупь. С другой стороны, тело обладающее собственной теплотой, жжет сильнее; например, огонь обжигает сильнее кипящей воды, хотя кипящая вода наощупь горячее, обладая случайной теплотой. Ясно, таким образом, что далеко не просто решить, в котором из двух тел больше тепла, так как на один лад оказывается теплее одно тело, на другой — другое».

#### 48 ФИЗИЧ. СОЧИНЕНИЯ АРИСТОТЕЛЯ

Из *физических сочинений*<sup>1</sup> Аристотеля известны следующие 1) «Физика», 2) «О небе», 3) «О метеорологии», 4) «О рождении и разрушении», 5) «Механические проблемы». Из мелких естественнонаучных статей, так называемых «*Parva naturalia*», для физики интересны рассуждения об органах чувств. Вышеприведенные цитаты о слухе и зрении заимствованы преимущественно отсюда, хотя в монографии о душе несколько глав тоже относятся к органам чувств.

«Физика» делится на восемь книг. В первой помещены исторический обзор учения о началах вещей до Аристотеля и взгляд самого Аристотеля на этот вопрос. Вторая содержит определение природы, учение о четырех причинах вещей, *causa formalis* (сущность), *causa materialis* (вещество), *causa efficiens* (движение) и *causa finalis* (цель). В третьей книге находится определение движения («Движение есть осуществление существующего в возможности. Оно есть действие движимого, относящееся к его подвижности»), а также исследование пространства и времени. В четвертой книге изложена теория брошенных тел. Следующие книги посвящены преимущественно различным видам движения. Движение включает в себе пять начал: движущее, движимое, направление движения, исходную точку и цель. В соответствии с последней движение получает специальное обозначение: так, разрушение тела есть движение к небытию. Все движения представляют собою изменения количества, качества или места. Изменение места в пространстве является тягой, толчком, вращением или поступательным движением. Затем следует учение об *естественных и насильственных, прямолинейных и круговых движениях*.

Сочинение «О небе» содержит в первой книге изложение понятия о материи и рассуждение о тяжести и легкости. Во второй книге изложен взгляд Аристотеля на небо и звезды. Небосвод имеет вид шара, звезды тоже шарообразны, потому что каждый предмет состоит из того, в чем находится. Так как звезды двигаются кругообразно, то они и должны состоять из кругов. Тепло и свет, испускаемые небесными телами, происходят от трения их об воздух во время их движения в пространстве; ведь движение приводит в раскаленное состояние не только дерево, но камни и железо. Каждое из небесных тел вращается вместе с принадлежащей ему сферой так, что раскаляется не самое тело, а воздух, и притом всего сильнее в том месте, где находится солнце. В третьей книге Аристотель излагает учение о началах тел. В четвертой он возвращается снова к тяжести и легкости.

В сочинении «О рождении и разрушении» мы находим в первой книге теорию трех родов возникновения, а во второй снова теорию четырех начал и основных качеств.

Две последние книги содержат почти исключительно всевозможные рассуждения и определения терминов, книга же «О метеорологии» стоит на более твердой почве. В трех первых книгах изложены метеорологические факты с более или менее удовлетворительным их объ-

---

<sup>1</sup> а) *φυσικῆ ἀχροασίς*, *auscultationes physicae*, б) *περὶ οὐρανοῦ*, *de caelo*, в) *μετεωρολογικᾶ*, д) *περὶ γενεσέωζ ἤ τι φθοράς*, *de generatione et corruptione*, е) *μηχανικὰ προβλήματα*, *quaestiones mechanicae*.



## ЗНАЧЕНИЕ НАТУРФИЛОСОФИИ АРИСТОТЕЛЯ 49

яснением. Четвертая книга содержит химические рассуждения о началах и основных качествах. Аристотель причисляет к атмосферным явлениям падающие звезды, кометы, Млечный путь (последний он считает взвешенным в воздухе испарением земли); далее, облака, туман, дождь и снег. Он знает, что роса падает только в ясные и тихие ночи, что ветер меняет свое направление, большей частью, по солнцу, и что пары морской воды пресны. Морскую воду он, впрочем, считает соленой только на поверхности. Землетрясение он пытается объяснить напряжением сжатого в земле воздуха.

«Механические проблемы» — это сборник вопросов и попыток разрешить их. Аристотель, по-видимому, составил их для собственного руководства без намерения обнародовать. Возможно также, что они частью принадлежат ему, а частью его преемникам.

В своих естественнонаучных сочинениях Аристотель разрешил проблему древней философии о строении вселенной с искусством, достойным величайшего удивления. Он превзошел всех своих предшественников строгой выдержанностью своих пояснительных начал, логической последовательностью в развитии своей системы и, в особенности, обилием разнообразных сведений о природе. *Как же, однако, могло случиться, что, несмотря на все это, его система привела к совершенно ложным результатам?* Над решением этого вопроса издавна задумывались самые выдающиеся люди, но не могли придти к согласному выводу. Уэвель, в своей «Истории индуктивных наук», восстает против общепринятого мнения, что причину ошибок Аристотеля и греческой физической науки вообще составляет недостаток фактических данных. «Для развития всякой естественной науки», говорит он, «необходимы факты и идеи. Ошибка греческих философов заключалась в том, что, хотя они и обладали в избытке фактами и идеями, они не сумели уточнить последних и согласовать их с первыми. И Аристотель при своих исследованиях в области механики тоже не сумел согласовать фактов с соответствующими понятиями, например, искать причины движения в силе вместо отношений пространства и т. п.». Льюис<sup>1</sup> справедливо замечает, что Уэвель не указал причины ошибки Аристотеля, а только перефразировал факт ее существования; но, с другой стороны, он возражает против мнения об обилии наблюдений у греков. «Они наблюдали бесспорно, но не так, как следует; они производили даже опыты, но не пользовались в достаточной мере опытом», замечает Льюис. У Аристотеля он констатирует отсутствие *проверочного опыта*, как для фактических данных, так и для теоретических построений и в этом он видит причину ошибочности всех его исследований в области физики.

Правда, Аристотель избег бы колоссальных промахов, если бы во всех случаях проверял свои выводы опытом; но сомнительно, чтобы он достиг удовлетворительных результатов в физике, если бы ограничился подобным применением опыта. *Современная физика пользуется опытом далеко не для одной проверки готовых выводов.* Она пользуется им и для решения вопросов, относительно которых не установилось

<sup>1</sup> *Aristoteles*, Leipzig, 1865.

## 50 ЗНАЧЕНИЕ НАТУРФИЛОСОФИИ АРИСТОТЕЛИ

еще определенных понятий, и для приобретения данных, долженствующих служить основанием для разработки новых идей, и, наконец, на основе последних ставит точные измерения в надлежащих благоприятных условиях. В таком широком применении опыта состоит метод новейшей физики, и *отсутствием этого-то экспериментального метода*, объясняется несостоятельность физических взглядов Аристотеля. Тому, кто, не удовлетворившись приведенным объяснением, предложит вопрос, почему гениальный ум Аристотеля не мог найти верного пути, можно только ответить: *Аристотель не был физиком* в собственном смысле этого слова, но *по преимуществу философом*. Величайшие его заслуги принадлежат области философии, и в качестве философа он пытается объяснить природу, как целое, с общей точки зрения. Аристотель, в противоположность своим предшественникам, стоит на реальной почве, никогда не отворачивается от фактов, напротив, он наблюдает неутомимо, чтобы не упустить из виду чего-либо существующего. Тем не менее, он остается философом, который *не может ограничиться продвижением вперед отдельными, осторожными безошибочными шагами*, а соответственно своей задаче стремится к *общим положениям для объяснения целого*. Перед нами открывается коренная причина промахов всей древней физики: она была философией природы, пытавшейся одним широким взмахом обнять все мироздание, а не *скромной экспериментальной наукой, которая довольствуется объяснением простейших физических явлений*.

В праве ли мы, однако, ставить Аристотелю в вину, что он был тем, чем он мог и хотел быть, т. е. философом? *Невозможность* достичь цели отвлеченными умозрениями не была еще в то время доказана, так как не существовало достаточного опыта для обоснования сомнения в этом направлении. Позднее, однако, неудача, постигшая величайшего философа, и его метод в области физики всего более способствовали тому, что *путь чистого умозрения был совершенно оставлен*, и наука перешла на утомительный, но надежный путь опытного исследования. Силой аристотелевского авторитета физика в средние века воскресла вновь в виде чистой натурфилософии, но *очевидная ошибочность и бесплодность* этого *аристотелизма*, в свою очередь, способствовала обращению передовых умов к наблюдению и опыту.

## 2. Период математической физики

(Приблизительно от 300 г. до н. э. до 150 г. н. э.)

Аристотелем заканчивается *творческий период греческой натурфилософии*. Его законченная, замкнутая в себя, система давала ученикам мало исходных точек для дальнейшего развития. Кроме того, учитель настолько превосходил учеников силою своего ума, что последние были рады усвоить себе и уяснить другим его учение, не имея ни времени, ни в особенности смелости исправлять учителя. Непосредственные последователи Аристотеля, Евдем и Теофраст <sup>1</sup> позволяют себе еще робкие попытки в этом направлении; но позднее это уже не повторяется, и школа перипатетиков порождает одних рабских истолкователей великого мыслителя. Однако в древности аристотелизм не пользовался таким безусловным владычеством над умами, как в средние века. Рядом с философией, объяснявшей мир с *телеологической точки зрения, конечными целями и стремлением к совершенству, существовало и пользовалось успехом более материалистическое учение атомистов*. Впрочем, и здесь можно встретить мало оригинального, потому что даже Эпикур (341—270 до н. э.), замечательнейший атомист этого периода, так строго придерживается Демокрита, что его физика может быть смело названа демокритовской.

Древнейшие философы соединяли в себе всю совокупность современных им знаний. С накоплением материала неизбежно должно было наступить разделение. Отдельные философы, следуя своим наклонностям, начали заниматься преимущественно математикой и астрономией, некоторые же исключительно отдались этим наукам, покинув философию. Чистая математика составляла в древности главную часть философского образования. Надпись над воротами Платоновой академии гласила: «Никто, не сведущий в математике, да не входит в этот дом». Но лишь только наука эта проявила наклонность перейти на практическую почву и обрела в астрономии и физике гостеприимную область для применения своих положений, она отделилась от философии и вскоре достигла самостоятельности. Математика не только сама отделилась от философии, но и освободила физику из-под ее исключительной опеки, так что наряду с философской физикой возникли физика математическая, не соприкасавшаяся с первой

---

<sup>1</sup> Теофраст написал историю философской физики от Фалеса до Аристотеля в 18 книгах, к сожалению, не дошедших до нас.

## 52 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

даже в лице разрабатывавших ее ученых. Евдокс ввел математику в астрономию; Архит, по общему мнению, первый приложил ее к механике, а александриец Евклид первый из математиков разработал, по крайней мере, одну часть физики совершенно независимо от философии. Философия в рассматриваемом нами периоде находится в нисходящем фазисе своего развития, математика же — в восходящем. Неудивительно поэтому, что математическая физика этого периода привлекла на свою сторону почти всех выдающихся ученых, между тем как натурфилософия почти не имеет блестящих представителей. Сверх того, нужно вообще заметить, что математическая физика во все времена имела неоценимое преимущество перед натурфилософией.

Философия и математика одинаково неспособны сами по себе создать физику как науку, потому что обе они принуждены воспринимать пассивно материал для своих дедукций. Они должны исходить из готовых наблюдений или же из положений, не требующих доказательств, так как экспериментальный метод, собирающий материал, имеет не философский или математический, а чисто физический характер. Ни та, ни другая наука не могут, следовательно, довести физику до конца. Без содействия экспериментальных наук они способны дойти лишь до пределов, даваемых обычным материалом наблюдения. При коренном различии своих приемов обе они получают различные результаты, исходя из одного и того же материала; но математика, благодаря своему методу, останется всегда непогрешимой, философия же на каждом шагу может впасть в жестокие ошибки. Поэтому-то величайший из древних философов, Аристотель, оставил потомству почти только ряд одних физических заблуждений, а величайшего из древних математиков, Архимеда, нельзя упрекнуть ни в одном промахе.

Поэтому Архимеда любят также называть первым физиком, и это можно было бы допустить, если бы в науке был важен лишь только один результат; при требовании же от физика физического метода такое название окажется неправильным. Архимед был в такой же мере исключительно математиком, как Аристотель философом. Архимед сделал несколько физических опытов и передал потомству ряд физических наблюдений, дотоле неизвестных: но при своих исследованиях он ни разу не обратился сознательно к наблюдению, как к физическому методу, и, как мы увидим, во всех его исследованиях преобладает математический интерес и сам он рассматривал свои физические работы лишь как приложение математики.

Второй период древней физики имеет математический характер и приобретает, поэтому более определенную форму. Не одна механика получает прочные основы в трудах Архимеда, оптика тоже становится на твердую почву благодаря Евклиду и Птолемию, определившим чисто математическим путем ход световых лучей. Также практические нужды сказывают благотворное влияние на развитие «науки. Механики, подобные Ге-

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА 53

рону, сооружают механические снаряды и описывают их научным образом. Архитектор Витрувий пишет пространное сочинение, имеющее не только практический, но и теоретический интерес, и т. д. Не зная мы наперед о раннем упадке, грозящем древней культуре, можно было бы с полным правом рассчитывать, что физика в скором времени разовьется и окрепнет до степени самостоятельной науки. В первой половине рассматриваемого периода ее рост идет очень быстро, но, к сожалению, уже во второй половине общее падение древней культуры отражается и на физике; ее прогресс приостанавливается, и наука наша уже безостановочно и с постепенно возрастающей скоростью идет к гибели.

Во втором периоде развития физики мы наблюдаем не только совершенное изменение метода, но и перемену места научной деятельности. Раньше вся умственная жизнь греков сосредоточивалась в Афинах; здесь процветали великие философские школы, и сюда стремилось все, имевшее притязание на интеллектуальное значение. Философские школы, правда, продолжают здесь существовать и во втором периоде, влача жизнь до полного уничтожения древней науки, но величие их уже потеряно безвозвратно. Самые Афины перестают быть центром культуры, так как Птолемаем удалось превратить свою столицу Александрию в средоточие греческой учености.

Уже Птолемей Сотер (321—283) начал приглашать к своему двору знаменитых греческих ученых. Преемник его, Птолемей Филадельф, основал в Александрии знаменитый музей (250 до н. э.), ученую академию, посвященную первоначально развитию наук, но впоследствии превратившуюся в школу для образования молодых ученых. Филадельф и его преемники не переставали покровительствовать музею, относясь к науке и ее представителям с истинно царской щедростью. Позднее римляне, в свою очередь, проявляли интерес к наукам, отдавая школы под покровительство императоров. Члены музея получали годовое жалование, чтобы иметь возможность жить, не отвлекаясь от ученых занятий. Были созданы зоологический и ботанический сад и анатомическая школа; для астрономической обсерватории были заказаны инструменты неслыханной до того точности; но, что всего важнее, в распоряжение ученых была предоставлена библиотека, где в лучшую пору насчитывалось 700 000 томов. По приказанию Филадельфа и его наследника Евергета (247—221) по всей Греции систематически собирались рукописи; владелец их должен был довольствоваться копией, подлинник же пересылался в музей. Большая часть библиотеки (400 000 томов) хранилась в академическом здании; меньшая (300 000 томов) — в храме Юпитера Сераписа. При осаде Александрии Цезарем (47 до н. э.) музей с хранившейся в нем библиотекой сгорел; взамен ее Антоний принес в дар Клеопатре пергамскую библиотеку с 200 000 томов. В 390 г. н. э. фанатические христиане под предводительством архиепископа Феофила разрушили храм Сераписа, и, на-

## 54 ОБОСНОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

конец, в 640 г. остатки библиотеки были сожжены при занятии Александрии арабами.

Заслуги александрийских ученых очень значительны в математике, астрономии, а также в географии, истории и филологии. Для физики же они сделали меньше, чем можно было ожидать, судя по их наклонности к измерениям и наблюдениям в области астрономии и географии, по богатству средств, которыми они располагали и, наконец, по числу работников, занятых научными исследованиями в течение ряда столетий.

*ЕВКЛИД* (300 до н. э.), представитель математической школы в Александрии, оставил по себе, сверх знаменитых геометрических книг, несколько сочинений по физике, относительно которых существует сомнение, вполне ли они подложны или же они только снабжены позднейшими прибавлениями. Из них «Гармоника» представляет незначительный теоретический интерес, зато «Оптика», а еще более «Катоптрика», сделались краеугольными камнями соответственных отделов физики, хотя они далеко не чужды ошибок.

Евклид, как впоследствии Архимед, в своих сочинениях по механике начинает с простых положений, основанных на опыте и принимаемых им без доказательств, а из них уже чисто математически выводит другие положения. В своей «Оптике» Евклид придерживается ложного учения Платона о зрительных лучах, исходящих из глаза, несмотря на то, что оно было раньше окончательно уже опровергнуто Аристотелем. С другой стороны, он дает верное определение зависимости кажущейся величины предмета от угла зрения, хотя и здесь впадает в ошибку, полагая, что величина обуславливается исключительно углом зрения. Относящиеся сюда положения евклидовой «Оптики» следующие: лучи, выходящие из глаза, распространяются по прямым линиям на некотором расстоянии друг от друга. Фигура, описываемая зрительными лучами, имеет форму конуса, вершина которого лежит в глазу, а основание — на границе видимого предмета. Предметы, рассматриваемые под одинаковым углом зрения, кажутся равными по величине. Теоремы, выведенные из этих положений, относятся преимущественно к видимой величине и к форме предметов, рассматриваемых на различном расстоянии и в различном положении.

«Катоптрика» заключает в себе следующее основное положение: если зеркало лежит в горизонтальной плоскости, на которой отвесно стоит предмет, то для линий, проведенных между глазом и зеркалом, с одной стороны, между предметом и зеркалом — с другой, получается то же отношение, которое существует между высотами глаза и предмета. Из этого положения вытекает закон отражения: зеркала плоские, выпуклые и вогнутые отражают падающие лучи под равными углами, причем изображение и предмет лежат в плоскости, перпендикулярной к плоскости зеркала. Относительно сферических зеркал Евклид справедливо доказывает еще, что лучи, отражающиеся от вогнутых зеркал, могут быть сходящимися и расходящимися, от выпуклых же — только расходящимися. В заключение мы встречаем здесь к удивлению, одну ошибочную теорему: фокус вогнутого зеркала нахо-

## ПЕРВАЯ ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МИРА 55

дится или в центре его шаровой поверхности, или между этим центром и зеркалом.

Выше было замечено, что нельзя решить, какое место в названных сочинениях действительно принадлежит Евклиду, и какое позднейшим добавлениям. Во всяком случае, Евклида можно признать основоположником учения о прямолинейном распространении света и законов отражения, следовательно, двух существенных отделов оптики. С этих пор оптика становится наилучше разработанным отделом физики; она менее прочих уклоняется от истины даже в самые темные периоды средних веков и продолжает развиваться в такое время, когда все естественные науки поражены летаргическим сном. Такое счастливое исключение оптика составляет, однако, не в качестве определенного отдела физики, а только благодаря тому, что *евклидовы законы отражения превратили все проблемы отражения лучей в чисто математические задачи*. Раз дана форма зеркальной поверхности, математика уже совершенно самостоятельно определяет ход светового луча. Для Евклида оптика представляет только математический интерес; вот почему он относится безразлично ж вопросу о том, идет ли луч света из глаза к предмету или же наоборот.

Физическая сторона оптики мало подвигается вперед в последующий период. Натурфилософия, вообще интересовавшаяся природой света, сделала для нее в лице Аристотеля все, что могла, а математическая физика изучала только ход лучей, оставляя в стороне их природу. Этим объясняется, почему физическая оптика принадлежит к отделам физики, развившимся всего позже.

*АРИСТАРХ САМОССКИЙ*, который учил в Александрии около 280 г. до н. э. был приверженец пифагоровой гипотезы движения земли. Он принимал, что солнце и неподвижные звезды находятся в покое, а земля обращается вокруг солнца. Против возражения, что при вращении земли неподвижные звезды должны были бы изменять свое видимое положение, Аристарх указывает на громадное расстояние неподвижных звезд от солнца сравнительно с расстоянием от него земли. Это объяснение было вполне удовлетворительно, потому что при колоссальном отдалении сферы неподвижных звезд незначительное перемещение земли не может вызывать видимого перемещения этой сферы. Тем не менее, гелиоцентрическая система не имела еще достаточных основ, а геоцентрическая до такой степени удовлетворяла всех, что лучшие астрономы того времени не перешли на сторону Аристарха. Поэтому учение его в дальнейшем оказало так мало влияния, что даже Коперник, по-видимому, не имел о нем понятия.

Большую известность доставило Аристарху определение относительного расстояния солнца от земли и луны, тем более, что подобное астрономическое измерение было произведено впервые. Когда луна кажется с земли наполовину освещенной, тогда солнце, земля и луна образуют прямоугольный треугольник с вершиною прямого угла на луне. Аристарх определил угол, образуемый зрительными лучами по отношению к луне и солнцу, в  $87^\circ$  и отсюда вывел отношение одного из катетов этого треугольника к гипотенузе, т. е. отношение лунного расстояния к солнечному, равным от 1:18 до 1:20. Конечно, этот

## 56 ЖИЗНЬ АРХИМЕДА

результат оказался очень ошибочным, так как в действительности указанное отношение приблизительно равно 1:400; но ошибка вызвана в данном случае не теорией измерения, а практическим применением ее, не допускаящим достаточно точного определения соответствующего угла.

Знаменитый физик древности *АРХИМЕД* (287—212 до н. э.), не принадлежавший, странным образом, к александрийской школе, провел большую часть жизни в своем родном городе Сиракузах. В его жизнеописаниях упоминается о путешествии в Египет, но точных сведений об этом нет. Все его великие открытия были сделаны в Сиракузах, только знаменитый водоподъемный винт был, по рассказам, изобретен в Египте. Архимед был другом и родственником царя Гиерона, правившего Сиракузами с 269 до 215 г. до н. э., но принимал участие в общественных делах, лишь насколько мог служить согражданам применением своих физических познаний и своей изобретательностью. Научные исследования поглощали его до такой степени, что ему приходилось напоминать про еду и питье и силой отправлять в купальню, где он во время растираний продолжал чертить геометрические фигуры на песке. С такими свойствами его характера вполне согласуется известный рассказ Витрувия. Царь Гиерон хотел пожертвовать в храм золотой венец и велел отвесить мастеру надлежащее количество золота. Мастер представил венец соответственного веса, но ходили слухи, будто он заменил часть золота серебром. Архимед, которому царь поручил расследовать это дело, долго думал над решением вопроса, пока, наконец, оно не возникло в его уме внезапно в то время как он сидел в ванне. Вне себя от радости, он выскочил из воды и раздетый побежал по улицам Сиракуз, повторяя знаменитое *εὕρηκα* («нашел») согражданам, смотревшим на него с понятным удивлением. По мысли, пришедшей ему в голову, когда он сидел в ванне, Архимед опустил в сосуд, наполненный водой, слиток золота, равный по весу венцу, и нашел, что он вытесняет воды меньше, нежели последний. При повторении опыта со слитком серебра равного веса получилось обратное. Таким путем не только был доказан обман вообще, но и получилась возможность определить, сколько именно золота было заменено серебром. Судя по основному закону, выраженному в его гидромеханике, следует, впрочем, предположить, что Архимед определил подлог скорее на основании весовой потери венца в воде, чем по описанному выше способу, допускающему меньшую точность.

Об Архимеде рассказывают вообще много чудес. Такова басня о линейном корабле, над которым в течение полугода трудилось 300 рабочих и который, будучи обложен свинцовыми листами для защиты от червей, оказался настолько тяжелым, что не мог быть снят со стапелей; Архимед при помощи своих машин легко стащил его в море один. Другой большой военный корабль был приведен им к берегу посредством рычагов, канатов и блоков. Неудивительно, что Архимед был сам увлечен могуществом своих рычагов и в порыве восторга сказал Гиерону: «Дай мне точку опоры, и я подниму землю». Величайший подвиг свой Архимед совершил после смерти Гиерона, когда сиракузяне, низвергнув внука последнего после кратковременного царство-



## СОЧИНЕНИЯ АРХИМЕДА 57

вания, заключили союз с Карфагеном и за это подверглись преследованию римлян. При помощи архимедовых машин, скрытых за стенами, на римлян, осаждавших город, сыпался такой град стрел и камней, что войско начинало обращаться в бегство, увидев лишь на вершине стены канат или столб. Осаждавшим с моря приходилось еще хуже: лишь только они приближались к стене, чтобы укрыться от метательных снарядов, сверху спускалась железная лапа (крюк на цепи, прикрепленный к столбу), хватала корабль за носовую часть, держала его отвесно, пока экипаж и вооружение не сваливались в море, и затем бросала, причем корабль мгновенно наполнялся водою и тонул. Подобные сказки рассказывает Плутарх, а за ним Ливий и Полибий, — наглядное доказательство, до какой степени ненаучно и некритически могли писать даже серьезные люди в начале нашей эры. К изложенной легенде Плиний около того же времени сделал еще много добавлений.

Другая, тоже общеизвестная, басня, возникла, по-видимому, только в XII веке. Она приписывает Архимеду сожжение неприятельского флота посредством вогнутых зеркал, которыми он с высоты стен собирал солнечные лучи и направлял на римские корабли. Многие физики старались найти какое-нибудь разумное основание для этого предания, но безуспешно. Еще в XVII веке патер Кирхер считал такую вещь возможной, потому что ему самому удалось получить значительное повышение температуры на расстоянии 100 футов комбинацией из пяти плоских зеркал. Бюффону удалось зажечь доску, намазанную дегтем, на расстоянии 300 футов при помощи установки 168 зеркал. Однако по отношению к флоту подобный эксперимент не имел бы успеха уже потому, что корабль в случае подобной опасности не остался бы неподвижным на месте. Верно одно, что Архимед, при своей гениальной изобретательности, мог причинять значительный вред римлянам и, разумеется, не упускал случая вредить им. Родного города ему, однако, отстоять не удалось. Мало того, при занятии Сиракуз он попался на глаза какому-то римскому солдату и был убит. Сиракузяне, по-видимому, скоро забыли о нем, потому что 137 лет спустя квестору Цицерону пришлось указывать его могилу неблагодарным потомкам.

Сочинения Архимеда, дошедшие до нас, т. е. большая часть того, что он написал, сохранились почти в неизменном виде. Они озаглавлены<sup>1</sup>: 1) «О шаре и цилиндре»; 2) «Об измерении круга»; 3) «О коноидах и сфероидах»; 4) «О спиральных линиях»; 5) «О равновесии плоскостей»; 6) «О квадратуре параболы»; 7) «О числе песчинок»; 8) «О плавающих телах» и 9) «Книга вспомогательных положений». Только два последние сочинения не дошли до нас в подлинниках; книга «О плавающих телах» существует на латинском, а книга «О вспомогательных положениях» на арабском языке. Большинство сочинений

<sup>1</sup> 1) περι σφαιραζ και κυλινδρου, de sphaera et cylindro, 2) κυχλου μετρησιζ, dimensio circuli, 3) περι χωνοειδεων και αφαιροειδεων, de conoidibus et sphaeroidibus, 4) περι ελιχων, de lineis spiralis, 5) επιπεδων, de aequiponderantibus, 6) τετραγωνισμοζ, quadratura parabolae, 7) φαμμιτηζ, de arenae numero, 8) de iis, quae vehunter in aqua, 9) Lemmata.

## 58 МЕХАНИКА ТВЕРДЫХ И ЖИДКИХ ТЕЛ

относится к чистой математике. Для физики важны только сочинения 5, 7 и 8.

Трактат «О равновесии плоскостей» исходит из принятого положения, что равные по весу величины, действующие на одинаковых расстояниях, находятся в равновесии; отсюда вытекает другое положение: если две равные по весу величины не имеют общего центра тяжести, то центр тяжести величины, полученный от сложения обеих, будет лежать по середине прямой, соединяющей центры тяжести обеих величин. При помощи этих положений Архимед доказывает справедливость закона рычага. Именно: если к рычагу привешены два груза, то на основании второго положения можно разделить каждый груз на 2, 4, 8 равных частей и привесить их попарно в равных расстояниях от первоначальных точек привеса, не нарушая действия. Если же первоначальные два груза обратно пропорциональны их расстояниям от точки опоры рычага, то отдельные части грузов могут быть распределены по обоим плечам рычага таким образом, что на обоих будет находиться равное число грузов на попарно равных расстояниях, откуда следует, что система находится и, следовательно, раньше должна была находиться в равновесии. Это доказательство, которое наглядно может быть выведено только для соизмеримых плеч рычага, и которое Архимедом было строго математически распространено и на несоизмеримые отношения, возбуждало много возражений. Последние касались, с одной стороны, обоснования первых исходных положений, с другой — распределения отдельных частей грузов около центра тяжести — распределения, которое, по Архимеду, не должно нарушать равновесия. Тем не менее, это доказательство и по настоящее время не заменено каким-либо другим, более строгим, или хотя бы существенно улучшено. В том же сочинении Архимед на основании второго из вышеупомянутых положений определяет математически положение центров тяжести в параллелограммах, треугольниках, трапециях и параболических отрезках.

Второе важное для механики сочинение «О плавающих телах» основано на положениях, что *жидкость во всех частях однородна и непрерывна и что во всякой жидкости менее сжатая часть смещается другой, более сжатой; и, наконец, что всякая часть жидкости претерпевает давление от лежащей отвесно над нею жидкости*. Отсюда выводится, что поверхность покоящейся жидкости должна иметь сферическую форму, концентрическую с поверхностью земли; что тело, которое легче жидкости, погружается в нее до тех пор, пока вес тела не сравняется с весом вытесненной жидкости; что тело, насильственно погруженное в жидкость, всплывает с силою, равной избытку веса жидкости над весом тела; и, наконец, что тело, более тяжелое, чем жидкость, погружается в нее совсем и теряет вес, равный весу вытесненной жидкости. Вслед за этим наиболее знаменитым из своих положений Архимед высказывает новую гипотезу: «Все тела, вытесняемые жидкостью кверху, двигаются по отвесной линии, проходящей через их центр тяжести». Потом он обращается к исследованию равновесия шаровых отрезков и коноидов, плавающих в жидкости, — исследованию, к которому, по выражению Лагранжа, новейшие ученые прибавили весьма мало.

## О ЧИСЛЕ ПЕСЧИНОК 59

Странная с виду цель трактата «О числе песчинок» лучше всего выясняется из введения, которое мы приводим здесь с небольшими пропусками, так как оно во многих отношениях интересно: «Есть люди, о царь Гелон<sup>1</sup>, которые полагают, что число песчинок бесконечно. Другие не признают их числа бесконечным, но думают, что невозможно указать числа, большего, чем их количество. Я со своей стороны постараюсь доказать геометрическим вычислением, на которое ты удостоишь обратить внимание, что между числами, находимыми в книгах Цейксиппа, есть такие, которые превосходят число песчинок, вмещаемых телом не только большим, нежели земля, но равным по величине всей вселенной. Ты знаешь, что астрономы рассматривают вселенную как полый шар, центр которого соответствует центру земли, а радиус равен линии, соединяющей центры солнца и земли. По учению Аристарха, вселенная должна быть еще гораздо обширнее, так как он принимает, что солнце и звезды неподвижны, что земля обращается вокруг солнца как вокруг своего центра, и что сфера неподвижных звезд, центром которых служит солнце, так обширна, что круг, описываемый землей, находится в таком же отношении к сфере неподвижных звезд, как центр того круга к его окружности». Хотя очевидно, что Аристарх представляет себе самый центр круга в виде бесконечно малого круга и что он этим хочет придать сфере неподвижных звезд поперечник, бесконечно больший против поперечника большого пути, Архимед все-таки настаивает на том, что точка не может иметь отношения к кругу. Для вычисления поперечника сферы неподвижных звезд Архимед принимает, что Аристарх под центром земного пути разумел самую землю, и принимает окружность земли в 300 000 стадий.

«Некоторые утверждают, как тебе известно, что окружность земли приблизительно равна 300 000 стадий. Я иду гораздо дальше и принимаю окружность в 10 раз больше. Подобно большинству астрономов, я предполагаю далее, что земной поперечник больше лунного, а солнечный больше земного. Наконец, я принимаю поперечник солнца в 30 раз больше поперечника луны, но не свыше. Именно, Евдокс определяет поперечник солнца в 9 раз больше лунного, Фидий — в 12 раз, а Аристарх пытается доказать, что он более чем в 18 и менее чем в 20 раз больше. Я старался при помощи инструментов измерить угол, идущий от окружности солнца к глазу наблюдателя. Измерение это нелегко, потому что нельзя в точности определить угла посредством глаз, рук и инструментов».

При помощи своего метода, который он описывает весьма подробно, Архимед находит, что видимая величина солнца меньше 655-й и больше 800-й части круга зодиака. На основании этих измерений и предыдущих допущений он приходит, далее, к выводу, что расстояние солнца от земли не может быть больше 10 000 земных радиусов (8 600 000 миль) а поперечник сферы неподвижных звезд не больше 10 000 000 000 стадий. Число песчинок, которое наполнило бы такую вселенную, выражается у него, в конце концов, числом, состоящим, по нашему счисле-

---

<sup>1</sup> Сын Гиерона, умерший несколькими месяцами ранее отца.

## 60 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АРХИМЕДА

нию, из 1 с 63 нулями. Хотя Архимед полагал, что все принятые им размеры несравненно более действительных, но расстояние солнца он определил на  $\frac{2}{3}$  меньше действительного, так как отношение солнечного поперечника к лунному равно не 30:1, а приблизительно 400:1. В упрек этого ему нельзя ставить, так как размеры вселенной определены сколько-нибудь точно лишь в последнее время. Даже у Кеплера расстояние между солнцем и землей менее, чем у Архимеда, именно 3 000 000 миль.

*Архимед был предметом восторженного удивления древних веков.* Ему приписывали 40 механических изобретений, большинство которых осталось неизвестным, так как Архимед сам о них не упоминает <sup>1</sup>. Нам известны *зажигательное зеркало* <sup>2</sup>, *водоподъемный винт, бесконечный винт, полиспаг и чрезвычайно сложный планетарий*. Последний наглядно представляет движение планет вокруг земли, причем простым поворотом рукоятки солнце, луна и планеты приводились в движение вокруг земли, вращаясь сравнительно правильно с соблюдением правильных соотношений периодов, и получалось даже затмение солнца луной. Цицерон еще видел этот планетарий и после ознакомления с ним пришел к убеждению, что Архимед обладал гением, почти несовместимым с человеческой природой. К сожалению, нам остался неизвестен механизм, при посредстве которого простым поворотом рукоятки можно было воспроизвести движение планет.

По свидетельству Плутарха, сам Архимед считал свои практические изобретения ничтожными по сравнению с теоретическими работами. Это, быть может, объясняется тем, что Архимед не был в состоянии дать удовлетворительной теории для всех своих машин (например, винта), а как математик не мог удовольствоваться одним практическим описанием своих изобретений. В дошедших до нас сочинениях он следует чисто математическому методу; ко всем физическим основам он относится как к простым гипотезам, никогда не объясняя, каким образом он пришел к ним. Определение видимой величины солнца — единственное наблюдение, которое он описывает. Но и здесь его занимает не столько самая величина, сколько ее пределы, могущие служить исходной точкой для дальнейших математических вычислений. Архимед может быть, поэтому признан основателем физики, лишь насколько она представляет собою приложение математики, но не основателем физики как самостоятельной науки. Для статики твердых и жидких тел он поистине гениальным образом дал математические основы, динамического же отдела механики он совершенно не коснулся. В этой части механики Аристотель остается единственным авторитетом до Галилея.

Метод Архимеда — исходить из заданных положений и посредством теорем приходить дедуктивно к новым выводам — хотя и дает надеж-

<sup>1</sup> *Archimede, Oeuvres, trad. avec un commentaire par F. Peyrard, Paris, 1807.*

<sup>2</sup> Уже в «Катоптрике» Евклида говорится о том, что вогнутые зеркала могут быть употребляемы в качестве зажигательных стекол; однако нельзя с уверенностью сказать, чтобы сам Евклид знал эти зеркала; с другой стороны, возможно, что Архимед не изобрел зажигательных зеркал, а только усовершенствовал способы их приготовления и употребления.

ные результаты, но, если даже совершенно отвлечься от эмпирического метода настоящей физики, имеет тот недостаток, что скрывает путь, по которому сам изобретатель пришел к своим основным положениям. Этим объясняется, почему Архимед не основал никакой школы и имел весьма мало непосредственных преемников. В глазах древних он был каким-то божеством, которому поклонялись, но по следам которого никто не решался идти. Характерны слова Плутарха: «Во всей геометрии нельзя найти теорем более трудных и глубоких, чем те, которые Архимед решает самым простым и наглядным образом. Одни приписывают эту ясность его гениальному уму, другие — упорной работе, при которой самые трудные вещи делаются легкими. На взгляд, кажется, невозможно придумать объяснения ни для одной из теорем Архимеда, но, когда прочтешь данное им решение, кажется, будто найти его ничего не стоило, до того оно легко и просто».

*ЭРАТОСФЕН* (276—195 до н. э.) был современником Архимеда и, как полагают, был знаком с последним. Он был первым выдающимся географом древности и вместе с тем астрономом и филологом. В 247 г. он отправился в Александрию по приглашению Евергета, где занимал место библиотекаря, и умер на 80-м году жизни, как уверяют, добровольной голодной смертью. Из многочисленных сочинений его для нас наиболее интересна «География» в трех книгах. Первая книга содержит критический обзор истории географии от Гомера до александрийцев; третья — политическую географию с приложением карт, а вторая — учение о поясах, о возможности кругосветного плавания и, кроме того, отчет о знаменитом измерении земной окружности, содержащий первое в истории изложение самого способа измерения.

Существовало наблюдение, что в начале лета в Сиене, в верхнем Египте, бывает вполне освещено солнечным светом дно глубокого колодца. Солнце находилось, стало быть, в это время в зените над Сиеной, тогда как в Александрии оно в это время отклонялось от зенита на  $\frac{1}{50}$  окружности круга. Эратосфен полагал, что Александрия лежит прямо на север от Сиены, и отсюда заключил, что расстояние между обоими городами равно  $\frac{1}{50}$  земного меридиана. А так как путешественники считали это расстояние равным 5000 стадий, то Эратосфен определил земную окружность в 250 000 стадий. К сожалению, длина стадий нам в точности неизвестна; считают вероятным, что 1 стадия = 600 аттическим футам = 569,4 парижским футам. Следовательно, по Эратосфену, окружность земли равна приблизительно 6 200 географическим милям. Неточность не превышает здесь 800 миль, что по тогдашнему состоянию науки не может быть признано значительной ошибкой<sup>1</sup>.

*КТЕЗИБИЙ* и, в особенности, его ученик *ГЕРОН*, — знаменитые механики, жившие в Александрии около 150 г. до н. э. Оба успешно занимались физическими исследованиями и интересовались наукой не только с теоретической, но и с практической стороны. Ктезибию при-

<sup>1</sup> *Peschel, Geschichte der Erdkunde.* По Лепсиусу, Эратосфен определил градус в 126000 м. Это дает ошибку приблизительно в 14%, тогда как по первому вычислению она приблизительно равна 15%.

## 62 МЕХАНИКА ГЕРОНА

писывают изобретение духового ружья и нагнетательного насоса. Небольшие всасывающие насосы были уже известны во времена Аристотеля. Водяные часы Ктезибия замечательны тем, что при описании их впервые упоминается о зубчатых колесах. Система колес приводилась в движение корабликом, плавающим на поднимающейся поверхности воды, и бросала камешки в металлический тазик, указывая число часов. Водяные часы не были, однако, изобретением Ктезибия, так как водяные, а также и песочные часы (распространенные менее первых) были уже с древнейших времен известны «в Египте и Вавилоне. Витрувий, со слов Герона, описывает и водяной орган Ктезибия, но так сбивчиво, что нет возможности уяснить себе его механизм. Надо полагать, что Ктезибий только усовершенствовал обыкновенный орган, употребив водяные струи для образования воздушных.

*Герои*, подобно своему учителю, занимался изготовлением водяных часов, но прославился, главным образом, пневматическими машинами, которые он подробно описывает в своем сочинении «*Spiritualia seu Pneumatica*». К таким машинам принадлежит геронов фонтан, геронов шар, паровой волчок и золипил, который он приводил в движение то паром, то нагретым воздухом. Хотя отсюда ясно, что Герон знал о расширении воздуха и искусно умел пользоваться его упругостью, нигде не заметно, чтобы он подвинул вперед теоретическую механику газов. Важнее в теоретическом отношении его сочинение «О домкрате», действие которого он математически верно выводит из закона рычага. Подобный пример дальнейшего развития законов Архимеда, к сожалению, встречается в древности весьма редко. Быть может, именно у Герона и нашлось бы еще несколько подобных примеров, если бы все его математические сочинения не погибли, и в том числе и «Начала механики». Такое предположение оправдывается интересным изложением закона отражения: линии, отраженные под равными углами от данной плоскости, короче всех других, которые можно провести под неравными углами между теми же точками. Следовательно, световые лучи должны отражаться под равными углами, если природа не имеет в виду заставить их пробегать лишнее расстояние<sup>1</sup>.

Другое сохранившееся сочинение Герона — «О строении метательных снарядов», употреблявшихся в его время, — написано не в научном тоне, а приспособлено для понимания широких читательских масс.

*ГИППАРХ*, уроженец Никем, руководивший школой в Александрии от 160 до 125 г., образует вместе с Аристархом и Птолемеем блестящее тройное созвездие древней астрономии. Многие ставят его даже выше знаменитого Птолемея, называя систему последнего лишь искусным приложением трудов Гиппарха. Для объяснения неравномерности движения планет Гиппарх выдвинул землю на некоторое расстояние из центра планетных путей и принял последние за эксцентрические круги: далее, он определил расстояние земли от центра солнечного пути (эксцентриситет) в  $\frac{1}{24}$  радиуса и определил также положение земного приближения и удаления, что дало ему возможность вычислить солнечные таблицы. При сравнении своих наблюдений летнего солнцестояния

<sup>1</sup> Это — единственное положение, дошедшее до нас от героновой катоптрики.

## АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ОТКРЫТИЯ 63

с наблюдениями Аристарха Гиппарх определил длину года в 365 дней, 5 часов 55 минут вместо  $365\frac{1}{2}$  дней. При помощи эксцентрического пути луны Гиппарху удалось также объяснить главнейшую неравномерность лунного движения и по вычислению элементов этого пути составить лунные таблицы. Параллаксы солнца и луны (т. е. углы, под которыми виден земной радиус с этих светил) он определил в 3' и 57' и отсюда вычислил относительные расстояния их от земли в 1200 и 59 земных радиусов, — второе довольно верно; первое же в 20 раз меньше действительного. При сравнении своих наблюдений с более древними. Гиппарх нашел, что одна звезда в Деве за 150-летний период времени изменила свою долготу на  $2^\circ$ , и, далее, заметил, что такое перемещение одинаково свойственно всем неподвижным звездам и что оно объясняется движением экваториального полюса вокруг полюса эклиптики. Для установления так называемого предварения равноденствий Гиппарх должен был произвести множество определений места неподвижных звезд. В звездном каталоге Гиппарха, которым впоследствии воспользовался Птолемей, действительно указано место 1080 неподвижных звезд.

Физика в праве позавидовать обилию тщательных и точных астрономических наблюдений, как равно и терпеливому спокойному методу объяснения полученных данных, выработанному астрономией. Некоторые ставили Гиппарху в упрек, что он вернулся к видимому движению солнца и вновь обрек землю на неподвижность. Не следует, однако, забывать, что при тогдашнем положении науки его теория была единственной надежной и вполне удовлетворительной. Эта-то мудрая сдержанность и строгая верность непосредственному наблюдению не только спасла астрономию от праздных мечтаний и упадка, поразившего все естественные науки, но и поддержала ее на пути постоянного прогресса.

*ФИЛОН ВИЗАНТИЙСКИЙ* (около 100 до н. э.) оставил сочинение о строении баллист и катапульт, свидетельствующее о тщательном применении известных в то время механических законов. Из его трактата о механике, посвященного тем же вопросам, что и сочинения Герона, уцелело только несколько цитат, приведенных Паппом.

*ПОСИДОНИЙ* (103 — 19 до н. э.), родом из Апомей в Сирии, учивший стоической философии и Родосе, предпринял вторичное градусное измерение по способу Эратосфена. Он заметил, что звезда Каноп в Корабле Аргонавтов касается горизонта в Родосе в то самое время, когда в Александрии она находится на  $\frac{1}{48}$  окружности круга над горизонтом. А так как расстояние между обоими городами считали в 5000 стадий, то он вычислил, что окружность земли равна 240 000 стадий. Позднее он принял расстояние между Родосом и Александрией равным 3750 стадий и, внося соответствующую поправку, получил 180 000 для земной окружности, — результат, который Птолемей приводит в своей географии, не указывая источника. Второе определение отличается не большей точностью, чем первое, оно настолько же меньше действительного, насколько первое больше его, если только Посидоний не применил фута, большего по размеру, чем аттический.

## 64 АТОМИСТИКА ЛУКРЕЦИЯ

*ЛУКРЕЦИЙ* (прибл. 96—55 до н. э.) в своем дидактическом стихотворении «De rerum natura» излагает мирозерцание эпикурейских философов. Телеологическое учение Аристотеля, пытавшееся все объяснить конечной целью, нашло «противников в философских школах стоиков и эпикурейцев, которые придерживались учения Демокрита и на основании атомистической теории пытались объяснить мир механическим образом. В древности вообще и у римлян в особенности эти школы первенствовали. Только в средние века Аристотель достиг исключительного господства и сохранил его до тех пор, пока новейшая физика, низвергнув аристотелевское учение, не примкнула до известной степени к атомистикам и, в особенности, к Лукрецию, изложение которого сохранилось полнее других. Так как мы уже изложили выше основания атомистической теории, говоря о Демокрите, то считаем лишним здесь возвращаться к ней.

Упомянем только, в виде примера, об очень интересном объяснении действия магнита истечениями из магнитной руды. Из всех тел непрерывно отделяются потоки атомов, через посредство которых тела приходят во взаимодействие. Потоки, исходящие из магнита, так сильны, что вокруг него образуется безвоздушное пространство, куда и устремляется железо. Одно только железо обладает свойством притягиваться подобным образом к магниту. Из прочих тел более тяжелые противостоят этим потокам; более легкие содержат большие скважины, через которые потоки проходят беспрепятственно. Этот пример показывает, что и философы механического направления любили подкреплять свои гипотезы новыми гипотезами и были мало склонны проверять их на опыте. Через полторы тысячи лет у Декарта мы снова встретили не только ту же ошибку, но и ту же гипотезу движения материи. Декарт объясняет магнитное, как и всякое другое притяжение потоками материальных частиц и в своей теории вихрей возвращается частью к учению эпикурейцев, согласно которому бесконечное число миров, на невероятно больших расстояниях и в течение невероятно огромных периодов времени, движется друг возле друга, возникает и уничтожается, частью к учению стоика Клеанта (250 г. до н. э.), который принимает существование вихреобразных токов для того, чтобы двигать солнце и планеты вокруг земли.

Египтянин *СОЗИТЕН* (46 до н. э.) пересматривает по приказанию Юлия Цезаря римский календарь. Новое юлианское счисление делит год на 11 месяцев попеременно в 30 и 31 день и на 1 месяц в 28 дней, к которому каждые 4 года прибавляется один лишний день. Длина года принимается, таким образом, в среднем в  $365\frac{1}{4}$  дней, вопреки более точному определению Гиппарха.

Римский военный инженер времен Цезаря и Августа *ВИТРУВИЙ ПОЛЛИОН* дает в своем сочинении «De Architectura», libri X обзор современных ему сведений по архитектуре, механике, физике и физической географии. Как видно из заглавия, сочинение имеет преимущественно практическое направление и, кроме ценных сведений о древних физиках, например об Архимеде, содержит в себе мало интересного в теоретическом отношении. Римляне начинают около этого времени распространять греческую науку посредством обширных компилятив-



## НАУЧНАЯ РАЗРАБОТКА ЯВЛЕНИЙ ПРЕЛОМЛЕНИЯ 65

ных сочинений. К числу книг этого рода принадлежит и сочинение Витрувия, черпающего материал по преимуществу из греческих источников.

Первые семь книг посвящены архитектуре, восьмая трактует о воде и водопроводах; девятая — об измерении времени; десятая — об искусстве построения машин. Всего самостоятельное восьмая книга. Грандиозные водопроводные сооружения римлян выяснили до известной степени понятия о движении жидкостей. Витрувий замечает весьма основательно: «Подобно водяным волнам, и звук распространяется кругами в воздухе. Однако в воде эти круги распространяются только в ширину и в горизонтальном направлении, между тем как звук постепенно распространяется в воздухе и в ширину и вглубь». Против господствовавшего тогда мнения, будто вода образуется в земных пещерах из воздуха, Витрувий утверждает, что вода источников происходит из дождевой воды, но убедить в этом современников ему не удалось. Вообще спор о происхождении речной и ключевой воды продолжался до сравнительно нового времени. Происхождение ветров Витрувий удачно пробует объяснить напряжением водяных паров и с этой целью подробно рассматривает паровой шар Герона. И эта теория не получила всеобщего признания. Исследования Витрувия принесли, быть может, ту пользу, что они сохранили в сознании понятие об упругости водяных паров до тех пор, пока люди, наконец, не научились применять к делу эту могущественную силу.

Из механических машин мы находим у Витрувия описание полиспада, о котором, однако, он говорит как о вещи общеизвестной. Водяные мельницы, которые он описывает, тоже древнее изобретение, хотя они вошли в общее употребление не раньше IV века н. э.

*КЛЕОМЕД* (50 н. э.), в общем мало известный нам писатель, придерживается в своем сочинении «Циклическая теория метеоров» (т. е. небесных тел) взглядов стоиков и, в особенности, Посидония, об измерениях которого он упоминает. В его сочинении мы находим замечательные оптические наблюдения, связанные, по всей вероятности, с его астрономическими исследованиями.

Клеомед не только знает, что луч при переходе из менее плотной среды в более плотную и наоборот преломляется, но и что в первом случае отклоненный луч приближается к перпендикуляру, а во втором удаляется от него. Он описывает следующий опыт: нужно стать так, чтобы кольцо, положенное на дно сосуда, скрылось за его краями; затем, не изменяя положения глаз, достаточно налить в сосуд воды, чтобы все кольцо стало видимым. Из этого опыта Клеомед выводит, что вследствие преломления лучей мы видим солнце, уже зашедшее за горизонт.

Об опыте с кольцом упоминается уже в «Катоптрике» Евклида, в последнем его опытным законе. Но так как это положение не относится к катоптрике и так как о нем не упоминается больше ни разу в самой книге, то его следует причислить к позднейшим добавлениям. Отсюда же необходимо признать, что Клеомед первый научным образом разработал явление преломления лучей. Самые факты были, разумеется, известны гораздо раньше, потому что уже Аристофан (452— 388 до и. э.) в своих «Облаках» упоминает о зажигательных стеклах,

## 66 ФИЗИКА СЕНЕКИ

а Аристотель ставит вопрос, почему палка, опущенная в воду, кажется надломленной. Древняя физика в большинстве случаев следовала за практикой и считала своей задачей найти объяснения и законы существующих явлений. Новейшая физика, наоборот, часто опережает практику и указывает ей новые пути. Различие это резко определяет методы древней и новой науки о природе.

Оратор, государственный человек и философ, стоик *СЕНЕКА* Младший (2—66 н. э.), оставил в своем сочинении «Naturalium quaestionum, libri VII», памятник римских физических воззрений, наиболее замечательный после дидактического стихотворения Лукреция. В этих семи книгах Сенека рассматривает с атомистической точки зрения явления электричества, небесные явления, кометы, воду, воздух и свет, но без систематического подразделения и без проверки собранного материала личным опытом. Тем не менее, книга, в общем, отличается серьезным направлением. Так, например, рассуждая о законах движения планет и даже комет, Сенека скромно замечает, что эти законы, столь темные и запутанные в его время, могут когда-нибудь сделаться ясными и очевидными. Рядом с дельным взглядом на вещи в сочинении встречается, однако, и легкомысленное отношение к фактам, точное исследование которых могло бы привести к дальнейшим открытиям.

Сенека, подобно Аристотелю, считает радугу искаженным изображением солнца и объясняет происхождение цветов смешением солнечного цвета с темными облаками. Он указывает на тождество цветов радуги с теми, которые мы видим при рассматривании предметов сквозь гранёные стекла, но последние цвета считает ненастоящими. Тот факт, что при рассматривании сквозь стеклянный сосуд с водой все предметы, например яблоки, кажутся увеличенными, вызывает у Сенеки одно простое замечание, что нет ничего обманчивее нашего зрения. Нельзя не удивляться, что ученый не умеет извлечь ничего лучшего из своих наблюдений, хотя, с другой стороны, следует принять и расчет, что проследить новое явление во всех его последствиях — задача гения и что римские философы были вообще менее склонны научно разрабатывать новые факты, чем делать из них морально-практические выводы. На моральные сентенции щедр и Сенека. Быть может, в этом следует искать главную причину, почему его сочинение так долго служило учебником физики в средние века.

Самый обширный римский сборник по естественным наукам принадлежит *ПЛИНИЮ* Старшему (23—79 н. э.). Его «Historia naturalis» состоит из 37 томов. Плиний по роду образования не был ни математиком, ни философом, а военным. Он участвовал в походах в Германию, занимал при Клавдии и Веспасиане выдающиеся должности и в период командования флотом под Мизеной погиб при извержении Везувия (79). Содержание его 37 книг следующее: I — указатель текста и источников, II — математическое описание вселенной, III—VI — география, VII — антропология, VIII—XI — зоология, XII—XXVII — ботаника; XXVIII—XXXII — медицинская зоология; XXXIII—XXXVII — минералогия и применение минералов в искусстве. К сожалению, сочинение в целом представляет собой не более как сборник, в который Плиний включил все, что ему нравилось, а нравилось ему, к сожалению,

## ЕСТЕСТВЕННАЯ ИСТОРИЯ ПЛИНИЯ 67

нию, по преимуществу все сказочное. Критической оценки материала у него почти нет; самостоятельной переработки нет вовсе. Прежде всего, отметим, что Плиния интересует (как до него Лукреция) действие магнитного камня. Ему принадлежит также басня о пастухе Магнусе, узнавшем магнитную руду по ее действию на гвозди его сапог. Рассказ об уничтожении притягательной силы магнита алмазом показывает, как мало ученый-натуралист был склонен проверять личным опытом приводимые им факты. Из рассуждения Плиния следует заключить, что в его время внимание было более прежнего обращено на магнитные, а быть может, и на электрические явления. К сожалению, эти намеки не имели дальнейших последствий, потому что способность древних к великим научным открытиям уже иссякла, и у науки едва хватило сил держаться на прежнем уровне. Плиний служит наглядным примером того, насколько древний дух исследования был вытеснен беспечным легковерием, падким к чудесам и безразличному удивлению, а также и того, как мало были в это время распространены здравые механические и физические понятия.

Плиний рассказывает, например, что небольшая рыба, имеющая в длину менее фута, прицепившись к кораблю, способна противиться любой механической силе и что в битве при Акциуме такая рыба удержала корабль Антония: «Как бы ни бушевал ветер и ни вздымались волны, это маленькое существо сумеет устоять против их бешенства и остановить корабль, которого не в силах будут удержать ни якоря, ни цепи. При этом животному не приходится делать никаких усилий, а только уцепиться за корабль. Жалкое самомнение людей, и т. д.». Так называемые огни св. Эльма Плиний считает звездами, опускающимися на копья солдат и мачты кораблей. «Если они появляются в одиночку, то приносят гибель, погружаясь на дно судов и сжигая их остовы. Двойные звезды, напротив, благотворны; они предвещают счастливое плавание и отгоняют страшный огонь. Их приписывают, поэтому Кастору и Поллуксу и призывают на море, как богов. Иногда звезды спускаются и на головы людей в вечерние часы, служа великим предзнаменованием». Всего забавнее следующий рассказ. Из Олизиппо (Лиссабона) прибыло посольство к Тиберию с извещением, что в пещере открыт тритон классического вида, трубящий в раковину, и что на том же берегу местные жители видели Нереиду и даже слышали жалобные вопли умиравшей Никсы.

Плиний Младший рассказывает с похвалой о своем дяде, что тот не читал ни одной книги, не делая выписок, и говаривал, что нет такой плохой книги, в которой не нашлось бы чего-нибудь полезного; далее, что он заставлял читать себе вслух во время еды и купанья и, дорожа временем, не любил, если кто-либо из присутствующих просил повторить прочтенное место. Судя по этому, Плинию действительно оставалось мало досуга для переработки воспринятого. По-видимому, римлянам вообще было свойственно не столько предаваться самостоятельным изысканиям, сколько пользоваться готовым материалом, добытым преимущественно трудами греков. В то время как греки хотя бы комментируют своих гениальных людей, римляне прямо и без всякой критики составляют сборники.

## 68 СИСТЕМА МИРА ПТОЛЕМЕЯ

*СЕКСТ ЮЛИЙ ФРОНТИН* (40—103 н. э.), подобно Витрувию и Плинию, был выдающимся полководцем. В царствование Нервы ему был вверен главный надзор над водопроводами Рима, и он воспользовался этим, чтобы собрать интересный технический и антикварный материал для своего сочинения «*De aquaeductibus Urbis Romae*». В сочинении этом мы находим интересное замечание, что количество воды, вытекающей из сосуда, зависит не только от величины отверстия, но и от высоты уровня воды в сосуде. Для выяснения характера этой зависимости нам, однако, придется ждать работ Торичелли (1608—1647).

*КЛАВДИЙ ПТОЛЕМЕЙ* (70—147 н. э.), родом из египетской Птолемаиды, жил примерно с 120 г. в Александрии. Он принадлежит к ученым, которых авторитет держался всего долее и был признан наиболее единодушно. Греки, римляне, арабы и христиане относились к нему с одинаковым уважением, и, когда, наконец, его авторитет начал колебаться, римская католическая церковь старалась отстоять его всем своим могуществом. Своей громкой славой Птолемей был обязан обширному астрономическому труду<sup>1</sup> «Общий обзор», содержащему в тринадцати книгах все достижения древней астрономии. Император Фридрих II, почитатель арабской учености, приказал перевести это сочинение с арабского на латинский язык, и хотя позднее оно было переведено прямо с греческого подлинника, но сохранило печать своего происхождения в арабском названии «Альмагест». По «Альмагесту», земля находится в покое. Если бы она не покоилась в центре вселенной, то две диаметрально противоположные звезды стояли бы то обе вместе над горизонтом, то обе вместе ниже горизонта. Небесные полюсы не казались бы неподвижными; звезды, по направлению к которым двигалась бы земля, казались бы нам больше, а противоположные — меньше; облака были бы видимы только на западе; тела, брошенные отвесно кверху, не падали бы на прежнее место; наконец, быстрое движение земли давно рассеяло бы ее массу. Сверх того, из учения Аристотеля вытекает, что все земные элементы должны двигаться по прямым линиям, небесные же тела совершать вокруг них круговые движения. Перечисление этих доводов ясно указывает, что Птолемею приходилось опровергать теорию движения земли. Вместе с тем из них можно заключить, что Птолемей, независимо от очевидности движения небосвода, должен был на основании приведенных доводов прийти к твердому убеждению в неподвижности земли. Трудно, в самом деле, представить себе, как можно было опровергнуть подобные доводы в такое время, когда знали одну только аристотелевскую теорию движения, не имея понятия ни о законе инерции, ни о силах притяжения, ни о громадном расстоянии неподвижных звезд, в сравнении с которым земное движение исчезающе мало. Оставлять же эти доводы без всякого внимания могли скорее философы, чем математически развитые астрономы, — скорее теоретизирующие пифагорейцы, чем тщательно наблюдавшие александрийцы.

Вокруг покоящейся земли движется, как уже доказывал Гиппарх, по эксцентрическому кругу луна. Птолемей заметил, однако, что этой

<sup>1</sup> Μεγάλη συνταξις.

## ОПТИКА ПТОЛЕМЕЯ 69

гипотезой нельзя объяснить всех неправильностей лунного движения, и принял, что луна движется вокруг земли не по самому эксцентрическому кругу, а по кругу меньшей величины, центр которого движется вокруг земли по упомянутому эксцентрическому кругу. Кривая, описываемая, таким образом, луной, называется эпициклом. Подобные же эпициклы принял Птолемей и для объяснения движения прочих планет — Меркурия, Венеры, Солнца, Марса, Юпитера и Сатурна, — вследствие чего вся планетная система его получила название эпициклической. Правда, простые эпициклы все еще оказались недостаточными для объяснения неправильности планетных путей, и Птолемей был вынужден придумать с этой целью такие сложные схемы, что он сам, как бы извиняясь, замечает: «Легче, кажется, двигать самые планеты, чем постичь их сложное движение». Эта-то сложность и была, в конце концов, причиной падения системы мира Птолемея. В новейшее время за ним не хотели даже оставить славы ее творца, утверждая, что она, в сущности, вся принадлежит Гиппарху. Так как основания эпициклической теории действительно были выработаны Гиппархом и так как сочинения последнего, к сожалению, не дошли до нас, то вопрос этот, действительно, принимает оборот, не совсем благоприятный для Птолемея. Тем не менее, было бы несправедливо не признать за ним заслуг тщательного наблюдателя и широкого вдумчивого мыслителя; тем более, что и его физические и географические сочинения красноречиво свидетельствуют об умственном его величии.

Как в «Альмагесте» Птолемея собраны все современные ему астрономические знания, так в его трактате «*Opticorum sermones quinque*» — собраны все оптические знания, причем Птолемей дополняет их самостоятельными исследованиями. Книга эта долго слыла погибшей, но в начале этого столетия была неожиданно найдена в виде латинского перевода с арабского<sup>1</sup>. В ней разбирается теория зрения, отражение света, теория плоских и сферических зеркал и, наконец, преломление света. Интереснее и важнее прочих последняя часть. Птолемей, правда, не знает закона преломления, считая угол падения и преломления пропорциональными в одинаковых средах, но все же довольно точно измеряет углы, образуемые падающим и преломленным лучом с перпендикуляром, для воздуха и воды, воздуха и стекла, стекла и воды. Эти измерения приобрели громкую известность вследствие того, что их считали первыми и единственными опытами древности. Мы на этот счет придерживаемся другого мнения. Опыты новейшей науки представляют собою наблюдения природы с сознательной целью открыть новые стороны явлений или же проверить правильность возникающих гипотез, догадок о новых закономерных явлениях. Птолемей при своих измерениях не имеет в виду ничего подобного. Ясным доказательством этого служит то, что он не делает никаких выводов из своих измерений, не приходит даже к заключению о непропорциональности углов преломления углам падения. С тем же правом можно было бы назвать

<sup>1</sup> В начале XVII века об «Оптике» упоминают как об общеизвестной книге. Затем она исчезает из обращения, и только в 1800 г. Лаплас открывает ее в парижской библиотеке.

## 70 АСТРОНОМИЧЕСКАЯ РЕФРАКЦИЯ

первым экспериментатором Архимеда ввиду произведенного им определения удельного веса серебра и золота. Но и здесь и там следует констатировать отсутствие сознательного отношения к методу; и здесь и там, наряду с практическим интересом, основной научный интерес исследователя больше математического, чем физического свойства, он больше количественный, чем качественный. Это особенно сказывается в птолемеевой теории глазных лучей. Вопреки Аристотелю, Птолемей, подобно Евклиду, принимает, что лучи исходят из глаза. По-видимому, спор об этом предмете должен был казаться ему бесцельным, тем более, что математическая форма оптических законов остается неизменной, будут ли прямолинейные световые лучи исходить из глаза или из предмета<sup>1</sup>.

Законы преломления представляли для Птолемея, как астронома, особый интерес, так как он заметил, что место светил изменяется вследствие преломления лучей в воздухе. Хотя он не измерял астрономической рефракции, но все же он видел ясно, что она в зените равна нулю и что она постепенно возрастает по направлению к горизонту; в преломлении он видел причину того, что околополюсные звезды описывают с виду не настоящие, а сплюснутые круги вокруг полюсов.

В трактате о гармонических звуках — «*Harmonicorum, libri III*» — мы находим мало нового и важного в физическом отношении, хотя эти книги весьма ценны для понимания греческой музыки. Важнее, по строго математической своей обработке, «География» в восьми книгах, заключающая в себе определение большого числа мест между 67° северной и 16° южной широты и указание основных правил для построения географических карт. К «Географии» приложены 27 карт описываемых частей земной поверхности.

Мы назвали разбираемый период нашей истории периодом математической физики и не признали великих математиков этого периода физиками в собственном смысле по той причине, что их интерес не был сосредоточен на разработке физики как самостоятельной науки, и что наблюдение не имело у них свойств опытного физического ме-

<sup>1</sup> Современник (?) Птолемея пытался придать его ошибкам теоретическое обоснование. Дамиан, сын Гелиодора Ларисского, говорит в своей «Оптике»: «Очертание наших глаз — не имеющих полой структуры и не похожих на другие органы, приспособленные для восприятия извне — а также их сферическая поверхность доказывают, что свет исходит из них. Дальнейшими доказательствами служит блеск глаз и способность некоторых людей видеть ночью без наружного освещения». «Чтобы свет мог по возможности быстро доходить к предмету, он должен распространяться по прямой линии. Кроме того, он должен падать на предмет в виде круга, чтобы мы могли обозреть возможно бо'льшую часть предмета. Свет, выходящий из глаза, должен, следовательно, иметь форму цилиндра или конуса. Формы цилиндра он иметь не может, потому что в таком случае то, что мы могли бы видеть одновременно, ограничивалось бы величиной зрачка». «Распространение глазного и солнечного света до крайних пределов небосвода происходит мгновенно. Подобно тому как мы видим солнце, затемненное облаком, в самый момент удаления облака, так же мгновенно видим небо, когда поднимаем глаза наши кверху».

Странно, что Дамиану при его философском образовании не бросается в глаза противоречие между «возможно быстрым» и «мгновенным» распространением света.

## МАТЕМАТИЧЕСКИЙ И ФИЛОСОФСКИЙ МЕТОДЫ 71

тогда, который один обуславливает всестороннее развитие нашей науки. Тем не менее, нельзя отрицать, что, благодаря математикам, экспериментальный метод сделал шаг вперед. Натурфилософы пользовались тем научным материалом, который они находили уже готовым, старались объяснить известные им явления природы, но не могли ставить себе задачей подготовку новых данных для физики. Сам Аристотель не составляет исключения из этого общего правила. Он наблюдал неумолимо, но с физической точки зрения отнюдь нельзя признать, чтобы его наблюдениями руководила сознательная мысль открыть нечто новое. Математики тоже были далеки от подобной цели; им тоже не приходило в голову прибегать к опыту в качестве физического метода. Однако по самой природе своей математик относится к делу иначе, чем философ. Он, правда, не ставит себе целью объяснить все, но в интересах своей науки он стремится приложить ее к природе. Поэтому он, с одной стороны, менее притязателен, чем философ, довольствуясь объяснением частных явлений, с другой стороны, он не может относиться к готовому материалу с непосредственностью простого наблюдателя. Математик принужден количественно определить предоставленный ему материал, прежде чем получить возможность положить его в основание своих выкладок. Другими словами, он должен определить измерениями численные отношения явлений, прежде чем будет в состоянии обнять их математически. Астрономия сделалась измерительной наукой ранее других вследствие того, что правильность явлений, подлежащих ее исследованию, облегчала наблюдение. Физика достигла этой ступени несколько позже, потому что физическое явление должно быть сначала известным образом подготовлено для измерения. Евклид, по всей вероятности, не измерял равенства углов падения и отражения, а только вывел его из равенства величины изображения и предмета. Архимед же, определявший весовые потери тел, Птолемей, измерявший углы преломления, — оба делали опыты с целью измерения. Мы видим здесь первый шаг к экспериментальному методу, но еще не самый метод, как мы уже это постарались доказать; но мы охотно допускаем, что при спокойном, ничем не нарушенном движении вперед этот шаг повлек бы за собой другие, так что из математической физики в не особенно отдаленном времени могла бы развиться физика как самостоятельная наука. Математическая физика по отношению к явлениям искала ответа на вопрос: как велико, философия — на вопрос: почему. Только когда обе науки соединяются вместе в экспериментальном методе для решения своих вопросов, возникнет физика в собственном смысле. Древняя философия никогда не стремилась к такому союзу, она постоянно переоценивала свои силы; математика же, по крайней мере, сделала первый шаг к этому сближению.

### **3. Период упадка древней физики (От 150 до 700 г. н. э.)**

Птолемеем можно закончить историю античной науки о природе. Позднее попадают, правда, отдельные достойные внимания исследования, но они — лишь отголоски лучшего времени, делающие еще более ощутительной постепенно надвигающуюся гробовую тишину. До Птолемея физика находилась в таком состоянии, которое, независимо от неблагоприятных внешних условий, позволяло надеяться, что она пробьется к самостоятельности и пустит настолько глубокие корни, что переживет тяжелое время наступающего застоя. Физика освободилась от единовластия философии; математики положили уже начало физическим измерениям; атмосферные явления, таинственная, чудесная сила магнита подстрекали к наблюдениям и объяснениям; практические механики, инженеры и гидравлики начали теоретически обрабатывать свои наблюдения. В первую половину прошлого периода число работников в области физики повсеместно увеличивалось. Но, к сожалению, уже во второй его половине проявляются признаки количественного и качественного упадка, а с началом настоящего периода политические и религиозные влияния, противодействующие развитию науки, приобретают решительный перевес. Умы насильственно выводятся из покоя научных изысканий, вовлекаются в политический водоворот или же окончательно поглощаются новыми уставами религиозной жизни. Юное здание пустеет, начатое распадается и исчезает с лица земли, так что от него не остается даже следов. Владыка мира, Рим, все сильнее привлекает к себе выдающиеся умы. Афинские школы, александрийская академия еще существуют, но прежний дух в них угас; они прозябают, лишены творческой силы. Все, что сознает в себе жизненную энергию, стремится в Рим за почетом и мздой от всевластных цезарей. Рим, однако, не место для мирных ученых, и у римлян нет склонности медленно взращивать скромное растение познания природы. В борьбе за господство над миром, в постоянном столкновении людей между собой, при бешеной погоне за благоволением сильных земли, забота о так называемой мертвой природе должна мало-помалу иссякнуть. Исключительные умы продолжают, правда, время от времени ощущать потребность покинуть торжище людских страстей, отдохнуть под сенью науки, но эти умы ищут



## НОВОПЛАТониКИ 73

успокоения на лоне старой философии, а не у юной науки, требующей непрестанной и тревожной работы.

Между массой и наукой очень мало общего. Древняя наука аристократична от начала до конца. Древность не имела понятия о популярной физике. Для массы людей земля, наперекор Пифагору, всегда оставалась неподвижным плоским диском; для нее Аристарх не раскрывал хрустального небосвода, и старые божества природы не были низвергнуты со своих алтарей физическими силами. Поэтому лишь только немногие умственные аристократы покидают науку, последняя исчезает бесследно из царства живых и, забытая всеми, покоится в библиотеках, если только время так или иначе не поглощает ее памятников. Там же, где народ приходит в соприкосновение с умственным величием, он видит одно чудесное, а суеверное предание превращает физика и философа в колдуна и прорицателя.

Масса ищет в науке чудес — как прибежища в нужде — или развлечения, и в обоих случаях она требует сильных средств. Хитрые и бессовестные люди умеют обращать такие течения в свою пользу и приобретать влияние обманчивыми личинами знания, увлекающими толпу тем легче, чем менее ей известен истинный облик науки. Так мало-помалу из слабых начатков астрология, алхимия и магия развиваются в систематические «науки», и плевелы заглушают зародыши истинной жизни. Мнимые науки достигают, правда, полного своего расцвета только в средние века; однако уже во времена римского владычества астрологи предсказывают высшим и низшим их судьбу, столь зыбкую в ту пору. Цицерон и Плиний оба открыто восстают против астрологии, Тацит еще сомневается, но Прокл уже пишет работу по астрологии. Несмотря на это, истинная наука могла бы еще проснуться от оцепенения и сбросить с себя наносный сор, если бы не вмешались в дело другие могущественные силы и не приобрели исключительной власти над умами.

С упадком греческой культуры и возникновением христианства юные побеги физических знаний гибнут, и самая наука приходит в забвение. Наступающему бурному потоку переселения народов и победоносному шествию арабов здесь остается уже мало дела. Они не убили науку, они уже нашли ее обмершей и только замедлили ее возвращение к жизни, чем, разумеется, нанесли ей тоже существенный урон, так как продолжение летаргии дало возможность сгуститься наброшенному на нее покрову. Ценные сокровища древней науки погибли в военных бурях того времени; в долгий период ее оцепенения порвалась всякая живая связь с ней, предание успело умереть, и когда мир, очнувшись, вновь ощутил жажду знания, то пришлось в буквальном смысле слова открывать вновь даже связующие нити, потому что от старой науки о природе в памяти новых поколений не осталось и следа.

Новоплатоник *ПЛОТИН* (205—270 н. э.), египетский уроженец, основывает в Риме философскую школу. В лице его последняя из гре-

## 74 ОТРИЦАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ВСЯКОЙ ФИЛОСОФИИ

ческих философских школ — неоплатонизм — вступает в борьбу с возрастающей силой христианского учения. Его система имеет, поэтому скорее теологический, чем философский характер; проникнутая восточным мистицизмом, она не носит на себе и следов истинной физической философии. Мир в его глазах — непосредственное истечение божества. Душа вращается вокруг своего средоточия, божества, наподобие неба, движущегося вокруг земли; весь мир наполнен демонами, которые в одиночку сопутствуют всякой душе. Душа человека происходит не из природы, но из духа. Из высшей области, где обитают чистые формы, идеи, нисходит она в тело, как в темницу. Плотин презирает не только природу вообще, но и собственное тело, так что ему противно говорить о родине или родителях. Ученики преклонялись перед учителем, и такое обожание перешло, по видимому, в обычай у неоплатоников. По крайней мере, ученики Ямвлиха (одного из преемников Плотина) рассказывают, что по время молитвы они по временам наблюдали его парящим на высоте десяти локтей от земли<sup>1</sup>.

**ФИРМИАН ЛАКТАНЦИЙ** (340), ритор, обращенный в христианство и прозванный христианским Цицероном, посвящает третью книгу «О ложной мудрости» — «*De falsa sapientia*» — своего сочинения «*Institutiones Divinae*» попытке доказать ничтожество всякой философии и, в особенности, всякой натурфилософии (*Mortalis natura non capit scientiam nisi quae veniat extrinsecus*). Всякое человеческое знание сомнительно и противоречиво; к истинному познанию мы приходим только при посредстве «откровения». Характер естественнонаучного образования Лактанция виден из следующих примеров, заимствованных из упомянутой выше третьей книги «Укреплены ли неподвижные звезды на небосводе или свободно носятся в воздухе, какую форму и состав имеет небо, находится ли оно в движении или покое, как велика земля и каким образом взвешена или поддерживается в равновесии, — все это такие вопросы, исследование и оспаривание которых подобно пререканиям о каком-нибудь городе в отдаленной местности, знакомом спорящим лишь по имени». — «Могут ли люди быть настолько безрассудными, чтобы верить, будто на противоположной стороне земли злаки и деревья растут вершинами вниз, а у людей ноги находятся выше головы?» Вполне согласно с вышеприведенным мнение св. Августина (354—430), который, не отрицая шаровидности земли, полагает, что противоположная сторона земного шара не может быть населена людьми, так как святое писание не упоминает о подобных существах в числе потомков Адама; а также изречение Евсевия (270—340), отца церковной истории: «Не в силу неведения предметов, возбуждающих их удивление, а из презрения к их бесполезным работам считаем мы все эти вещи суетными и обращаем ум наш к более достойным предметам».

**ФИРМИК МАТЕРНИЙ** (354) пишет по поручению проконсула Мавортия Луллиана учебник астрологии под заглавием «*Matheseos libri*» (до-

<sup>1</sup> Неоплатоники стараются наводнить и старую науку мистическими началами. Многие из чудес, приписываемых Пифагору, Архимеду и др., являются, вероятно, измышлениями летописцев неоплатонической школы.

## ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ МАШИНЫ 75

вольно характерно, что римляне называют астрологов математиками). В нем он серьезнейшим тоном излагает правила для поведения астрологов, которым в качестве жрецов солнца и луны следует, по его мнению, держать себя с величайшим достоинством.

*ПАПП* (390), один из последних александрийских математиков, оставил в своих восьми книгах «Математического сборника»<sup>1</sup> замечательные работы по механике, особенно в восьмой книге. О том, что математические исследования по вопросу о центре тяжести тел не прекратились окончательно после Архимеда, видно из закона, который изложен Павлом в седьмой книге сборника, как самостоятельное его исследование (закон этот впоследствии был вновь открыт Гульденом и назван его именем). Фигуры, описываемые вращением линии или площади вокруг данной оси, находятся в сложном отношении к вращающимся фигурам и путям, описываемым их центрами тяжести. В восьмой книге Папп впервые различает пять так называемых основных машин: рычаг, клин, винт, блок и ворот, и приводит рисунок полиспаста. Ему не удается вывести действия наклонной плоскости из закона рычага, главным образом, потому, что он не умеет отличить действия трения от действия тяжести; но при тогдашнем положении науки о движении этих сведений и нельзя было иметь. Исходя из того факта, что нужна уже некоторая сила, чтобы двигать тело по горизонтальной плоскости и что сила эта должна возрастать по мере увеличения наклона последней, Папп старается вычислить, насколько сила,двигающая тело по наклонной плоскости, должна быть больше силы,двигающей его по горизонтальной. Он обошел бы затруднения, не позволявшие ему найти ответа, если бы спросил, какая часть веса тела нужна для того, чтобы удержать последнее на наклонной плоскости. В этой форме, однако, вопрос ставится более 1000 лет спустя у Кардана, не находя впрочем и здесь точного решения.

Мы отнесли Паппа к концу IV в. на основании общепринятого мнения, которое основано на показаниях византийского лексикографа Свида (X век). Последний в статьях «Папп» и «Феон», отмечает, что оба эти математика жили одновременно в Александрии в царствование императора Феодосия I (379—395). Между тем в рукописи феоновых таблиц от 913—920 г., хранящейся в лейденской библиотеке, упоминается, что Папп жил при Диоклетиане (284—305). Гульч, издатель сочинения Паппа, придерживается последнего мнения. Кантор<sup>2</sup> полагает, что Свидя ошибся. Ему кажется невероятным, чтобы два таких математика, как Папп и Феон, одновременно и в одном и там же городе занимались составлением комментария к птолемееву «Альмагесту». Если это действительно так, то Паппа надо отнести на 100 лет назад, т. е. к 290 г.

*ГИПАТИЯ* (415), знаменитая дочь Феона, долгое время слыла изобретательницей ареометра с постоянным весом и произвольной шкалой, вследствие ссылки Мушенбрёка (*Introductio ad philosophiam naturalem*) на письмо епископа Птолемаиды Синезия к Гипатии. Герланд же

<sup>1</sup> μαθηματικαὶ συναγωγαὶ collectiones mathematicae.

<sup>2</sup> «Vorles. üb. Gesch. d. Math.»

## 76 ОТКРЫТИЕ АРЕОМЕТРА. АСТРОЛОГИЯ

(«Ann. f. Physik u. Chemie», Neue Folge, Bd. I) приводит самое письмо, из которого явствует обратное. Именно, Синезий описывает ареометр так подробно, как будто Гипатия не имеет о нем ни малейшего понятия. С другой стороны, прежние отрицатели первенства Гипатии в этом открытии тоже стояли на ложном пути. Дело в том, что в стихотворении «De ponderibus et mensuris», которое приписывают Ремнию Палемону (30 н. э.), ареометр описан подробно, причем упоминается, что уже Архимед определил количество золота «в гиероновом венце гидростатической пробой. Отсюда некоторые, например, Поггендорф в своей «Истории физики», признали Архимеда изобретателем ареометра; другие же отнесли это открытие к I веку н. э. Новые филологи оспаривают, однако, авторство Ремния и приписывают упомянутое стихотворение Присциану (V или VI век). Если вдобавок принять в расчет, что ни Сенека, ни Плиний, ни Гален не упоминают об ареометре и что Синезий описывает этот прибор ученой Гипатии как нечто новое, то следует примкнуть к мнению Герланда, который говорит: «Распространенное мнение, приписывающее Архимеду изобретение ареометра, не основано ни на чем. Вероятно, он был изобретен в IV веке и первоначально служил для медицинских целей».

При возмущении христианской черни в Александрии в 415 г. Гипатия была зверски умерщвлена.

*ПРОКЛ* (412—485), новоплатоник, про которого рассказывают, подобно Архимеду, что он сжег римские корабли при осаде Константинополя посредством вогнутых зеркал, пытается мнимонаучными доводами объяснить влияние небесных светил на судьбу живых существ. Солнце управляет всеми земными явлениями, ростом плодов, течением вод, сменой здорового и болезненного состояния по временам года. Оно же производит тепло, холод и сухость, сообразно своему отклонению от зенита. Луна, находящаяся всего ближе к земле, имеет на нее наибольшее влияние: воды падают и поднимаются согласно с ее световыми фазами, морские приливы и отливы обусловлены ее восходом и закатом, и от нее же зависит развитие растений и животных. Луна по своей природе влажна; она притягивает пары, вследствие чего от ее действия тела размягчаются и загнивают. Сатурн холоден и сух, находясь всего далее от согревающих лучей солнца и сырых паров земли. Марс сух и горяч вследствие огненной своей природы, проявляющейся в его красном цвете, и т. д.

*БОЭЦИЙ* (470—524), знатный римлянин, любимец готского царя Теодорика, сделавшийся, тем не менее, безвинной жертвой подозрительности этого варвара, известен как переводчик многих греческих сочинений по философии, математике и отчасти физике. Благодаря ему средние века впервые познакомились с Аристотелем.

*АНТЕМИЙ* (около 530 г.), строитель знаменитого византийского собора в Константинополе, доказывает, что зажигательные зеркала воспламеняют предметы только вследствие способности собирать множество солнечных лучей в одну точку; и, далее, что лучи, выходящие из одной точки, соединяются снова в одну точку лишь при условии эллиптической формы зеркальной поверхности. Он не верит, чтобы Архимед мог зажечь римский флот при помощи сферического зеркала,

## КОНЕЦ ДРЕВНЕЙ НАУКИ 77

но пробует зажигать отдаленные предметы сложной системой плоских зеркал. О Прокле, который был почти, что его современником, он не упоминает при своих опытах. Про Антемия рассказывают, будто бы он поставил в своем погребке паровые котлы и посредством труб провел пар в дом ненавистного ему соседа, римлянина Зенона. Сотрясение было так сильно, что Зенон подумал, будто его дом рушится от землетрясения.

Византийский император Юстиниан налагает вечную печать молчания на афинские философские школы (529). Последние семь греческих мудрецов, новоплатоников, отправляются вслед затем в Персию в надежде найти покровителя в лице царя Хозроя I. Кажется, однако, что надежды их не осуществились, потому что при заключении мирного договора (533) между Персией и Византийской империей Хозрой требует для них от Юстиниана свободы исповедания, если не свободы преподавания, и они возвращаются на родину, где умирают в забвении, но в спокойствии. Из этих семи философов всего замечательнее Симплиций, усердный комментатор Аристотеля вообще и его физики в частности; он, впрочем, только приводит чужие мнения, не делая никаких попыток самостоятельного утверждения или отрицания. С этих пор авторитет Аристотеля начинает постепенно усиливаться. Варварские народы до такой степени благоговеют перед греческим гением, что осмеливаются только преклоняться перед его творениями, а не изменять их. Подобно тому, как вследствие упадка естественных наук все человеческое знание вообще сосредоточилось на философии, так и философия мало-помалу стала довольствоваться простым воспроизведением и пояснением Аристотеля.

Несмотря на то, что греческим философам не понравилось в царстве Хозроя, последний сам по себе был искренним почитателем философии и заботился о переводе Аристотеля. По его приказанию сириец Уранус перевел сочинение Стагирита, а Сергей — сочинения некоторых других греческих философов. Из этих-то переводов арабы почерпнули свои первые сведения, пока не научились обращаться непосредственно к первоисточнику.

Амру, полководец халифа Омара, покорил Александрию в 640 г. Погибли ли при этом остатки библиотеки, неизвестно. Во всяком случае, с покорением Александрии арабами прекращается существование академии и научная жизнь самой Александрии. Когда много времени спустя наука начала давать новые побегии, то произошло это не на старой исторической почве Александрии, не в насиженном гнезде философии — Афинах и еще менее в средоточии церковного могущества — Риме. Старые места оказались исчерпанными и лишеными живительных соков. Зато несколько плодотворных семян были занесены на восток, и здесь старая наука пустила новые корни в совершенно девственной почве.

## **II. ИСТОРИЯ ФИЗИКИ В СРЕДНИЕ ВЕКА**

**(От 700 до 1600 г. н. э.)**

### **1. Период арабской физики**

**(От 700 до 1150 г. н. э.)**

В 632 г. умер Магомет. Вся жизнь его была посвящена распространению основанной им религии. Рядом с этой главной целью другие не находили места в его душе. О научном стремлении или хотя бы о терпимости к науке не могло быть, поэтому и речи ни у него, ни у ближайших его преемников. «Если науки учат тому, что написано в Коране, они излишни; если они учат другому, они безбожны и преступны». Таково в начале убеждение фанатических арабов, и они служат ему огнем и мечом. Следует, впрочем, отметить, что предание, будто халиф Омар именно этими словами приказал своему полководцу Амру сжечь александрийскую библиотеку, не соответствует действительности.

Чем сильнее, однако, бродило и кипело новое направление, тем скорее оно пришло в состояние зрелости; чем могущественнее оказалась новая вера в борьбе с враждебными влияниями, тем раньше появилось у правоверных стремление к терпимости по отношению к наукам и искусствам. Спустя 100 лет с небольшим после смерти Магомета, когда арабы распространили свою власть на обширное пространство и прочно утвердили свою религию, когда к блестящему двору пышных халифов начали со всех сторон стекаться богатства, а затем также ученые и художники,— ярые защитники веры превратились в столь же ревностных поклонников науки; фанатические арабы, которые недавно еще нанесли последний удар древней науке, оказались с течением времени почти единственными ее почитателями и хранителями.

В V веке несторианские христиане учредили в Эмезе (Сирии) и Эдессе (Месопотамии) знаменитые школы, в которых процветала греческая наука. Когда в 431 г. на Эфесском соборе епископ Несторий был низложен и вынужден бежать, школы эти утратили свою былую славу и мало-помалу закрылись. Сами несториане, однако, только переменили место своей деятельности, перенесли свою школу в Джудайсабур (в персидской провинции Кузистане), где их приняли под свое покровительство цари Сассанидской династии. Несториане эти перевели многих греческих писателей на сирийский язык, а когда арабы завоевали сассанидское царство, то перевели их с сирийского на арабский язык. Такой окольный путь оставался, однако, недолго в практике арабов. Арабские уче-

## ПЕРИОД АРАБСКОЙ ФИЗИКИ 79

ные вскоре обратились к подлинникам. Некоторые халифы учредили особые переводные академии, где этим делом занимались с таким рвением, что не только весь Аристотель, но и все комментарии к его сочинениям были переведены с греческого на арабский язык.

Внезапное вступление арабов в науку, уже значительно развитую, недостаток продолжительной подготовки и отсутствие постепенного усвоения, соответственно росту самой науки, объясняют многие особенности арабских ученых. Они входят в здание, происхождение которого им было неизвестно, но которое должно было смущать их своим величием и смелостью. Весь метод греческой науки был мало приспособлен к изучению путей ее возникновения; строго логическая математическая форма доказательств требует только признания, не открывая хода своего развития. Арабы, смущенные массой новых познаний, не имеют возможности относиться к ним критически. Им нужно, прежде всего, знакомство с целым зданием и понимание частных. Всякий, кто постиг то, что знали греки, уже является великим ученым, и ему предстоит не мало потрудиться над передачей своих знаний другим. О дальнейшем исследовании, об умножении научного материала ему нет пока возможности думать. При таких условиях арабская наука приобретает характер комментариев, обнаруживает известную несамостоятельность, боязнь идти далее учителя. Мало-помалу развивается род идолопоклонства перед учителями, слепая вера в авторитет, задерживающая, в конце концов, движение вперед. Филологически-пояснительный характер, покорность авторитету, даже в случаях, доступных прямому наблюдению, и школьное довольство раз установленным, — все эти свойства, присущие всей средневековой науке, являются, в основном, последствием указанных выше обстоятельств. Арабы брали науку такой, какой она им досталась, со всеми ее преимуществами и недочетами. Они усвоили себе не только истинные науки, но и обманы, прикрывавшиеся этим именем. Магия и астрология были у них в таком же почете, как и у римлян, а алхимия обязана им своим особым развитием.

В связи с пассивным восприятием находится и степень интереса, внушаемого арабам отдельными науками, а также последовательность разработки отдельных учений. Арабы увлеклись, прежде всего, философией и относились к величайшему из всех философов — Аристотелю — с суеверным уважением. Далее, они сделались хорошими математиками, удачно дополнившими геометрические методы древних введением алгебры, отчасти заимствованной от индийцев. В астрономии они ушли далее древних, по крайней мере, по точности своих наблюдений, и отчасти превзошли своих учителей в медицине и грамматике. Физикой же они занялись всего позже, проявив здесь в отношении метода и материала еще большую зависимость от своих образцов. Оптика, которую наряду со статикой греки разработали лучше других учений, обратила на себя и преимущественное внимание арабов.

## 80 ПЕРИОД АРАБСКОЙ ФИЗИКИ

В этой области они могут похвалиться наибольшими успехами. К механике они обратились позже оптики, и здесь проявили гораздо меньше самостоятельности. В других отделах физики, в учении о теплоте, акустике, магнетизме и электричестве, их заслуги <sup>1</sup>, насколько мы знаем, почти равны нулю.

По примеру Гумбольдта, арабов не раз называли родоначальниками физических наук в том смысле, какой мы теперь придаем этому выражению <sup>2</sup>, т. е. изобретателями опытного исследования <sup>3</sup>. Не отрицая заслуг арабов в искусстве производить наблюдения в астрономии, медицине и химии, мы не можем разделить этого взгляда по отношению к физике. Как уже было замечено, арабы имели кое-какие достижения только в двух отделах физики, и именно в тех, которые были наиболее разработаны у греков; здесь, помимо разрозненных наблюдений, мы действительно находим у них два планомерно поставленных опыта: измерение углов преломления и определение удельного веса; но известно, что оба эти измерения встречаются уже ранее у греков. Говоря о Птолемеи, мы подробно остановились на них и, как тогда мы не могли допустить, чтобы с них начинался нынешний экспериментальный метод физики, так не можем мы допустить этого и в настоящем случае, где те же измерения были воспроизведены лишь с большой точностью.

Н. Ханыков, переводчик важнейшего для механики арабского сочинения «Весы мудрости», ссылается на приведенную цитату из «Космоса» Гумбольдта, утверждая <sup>4</sup>, что наше знакомство с арабской физикой, — которая, повторяем опять, представляет мало доказательств применения арабами систематического опыта, — недостаточно и что дальнейшее изучение физической литературы арабов докажет верность взгляда автора «Космоса». Мы, со своей стороны, тоже надеемся, что новые исследования покажут нам физику арабов в истинном свете, и находим в словах Ханыкова прямое подтверждение нашего мнения, что в известной до сих пор арабской литературе нельзя найти экспериментальной физики в нашем смысле. Предаваться же надеждам, что будущее откроет ее существование, мы не видим основания. Если бы арабы действительно владели экспериментальным методом, то могли ли бы средневековые христианские физики, познакомившиеся впервые с древней наукой через их посредство, пренебречь этим методом до такой степени, чтобы от него не осталось ни малейшего следа к тому времени, как занялась заря новейшей физики.

Прямой пользы собственными самостоятельными работами арабы почти не принесли позднейшей средневековой физике. Они произвели более точные измерения и в нескольких случаях про-

---

<sup>1</sup> Несколько сочинений по теории музыки не имеют научного значения

<sup>2</sup> «Kosmos» II, p. 248.

<sup>3</sup> «Kosmos» II, p. 249: «На эту ступень, которой не коснулась древняя наука, поднялись по преимуществу арабы».

<sup>4</sup> «Journal of the Amer. Oriental Society», VI, p. 2.



## ПЕРИОД АРАБСКОЙ ФИЗИКИ 81

вели далее тропу, «проложенную ранее греками; но, в сущности, они не умножили наследия, полученного от древних, ни в отношении метода, ни в отношении материала. Тем большую пользу принесли они, однако, косвенным образом как наукам вообще, так и физике в частности. Они сохранили для нас памятники древней письменности, которые без них могли бы погибнуть в бурях народных переселений, и, что еще важнее, в самое смутное время этих бурь они поддерживали научную работу и научную жизнь до тех пор, пока христианский мир не созрел до возможности перенять от них заботу о дальнейшем развитии науки.

Вместе с языческими учеными исчезла из Европы и их наука. Христианские ученые, поглощенные заботой о распространении и догматизации своей религии, не находили в то тревожное время досуга хотя бы только вспомнить про языческую науку, а чем долее продолжалось забвение, тем невозможнее становилось воспоминание. Труды древних в области естествознания как бы не существовали для Запада в этом периоде; но когда по удовлетворении духовных интересов он, в свою очередь, почувствовал стремление к просвещению, явилась потребность и, по счастью, возможность идти в буквальном смысле в учение к арабам Испании, чтобы получить от них древнюю науку. Только здесь наука нашла себе убежище, и если арабы не умножили ее богатств, то, во всяком случае, они оказались верными хранителями их — верными хранителями, которые погасили огни, лишь только христианские ученые зажгли свой светоч, чтобы начать проверку и разработку приобретенных сокровищ. Когда политическое могущество арабов в Испании и передней Азии пало, когда халифы, энергичные покровители науки, утратили свою власть, научная деятельность оказалась парализованной, и арабы безвозвратно исчезли из летописей науки.

Это внезапное исчезновение арабов из научной области возбуждало столько же удивления, как и внезапный научный их расцвет. Его старались объяснить отсутствием научных наклонностей в характере самих арабов, а процветание науки в их среде — тщеславием их правителей. Неоспоримо, что багдадские халифы первые обратили внимание на науки и что сосредоточием последних был двор властителей. Если, однако, представителями арабской культуры считать только их халифов, то трудно понять, каким образом в отдельных государствах, где правили князья различных династий и племен, арабы могли так легко и быстро выйти из варварского состояния. Внезапный упадок арабской учености вместе с «падением политического господства объясняется отчасти тем, что наука действительно выросла под солнечными лучами покровительства князей и поддерживалась ими, но отчасти и тем, что она не имела еще времени окрепнуть на новой почве, сделаться действительной собственностью, достоянием самого народа, благом, выработанным собственными трудами арабов. Гадать же о том, что произошло бы при других условиях, т. е. если бы расцвет арабов не был насильственно прерван, если

## 82 КАЛИФЫ ДИНАСТИИ АББАССИДОВ

бы семя успело созреть и дать жизненные ростки, не только невозможно, но и бесполезна. Не все ученые, писавшие по-арабски, принадлежали по национальности к арабам. Напротив, новейшие исследования арабской литературы все более и более убеждают в том, что сирийцы, евреи и персы составляли здесь большинство. Ханыков<sup>1</sup> предлагает, поэтому заменить выражение «арабская цивилизация» более общим выражением «участие востока в цивилизации». Мы не будем выяснять удельного веса различных национальностей, но заметим, что указанная выше безусловная зависимость культуры этого периода от политических судеб арабов вполне оправдывает установившееся название этой науки, как *арабской науки*.

Аббасид *АБУ-ДЖАФАР* (754—775), прозванный Альмансором (победоносным), основал в 702 г. Багдад и пригласил многих ученых, которые переводили научные сочинения с сирийского, греческого, персидского и индийского языков на арабский. Сам он был образованным любителем философии и астрономии и поручил воспитание своих сыновей греческим ученым.

Уже при омайядских халифах, резиденцией которых был Дамаск, арабы принимали или, по крайней мере, допускали к себе греческих ученых; а при Абд-Алмелеке (634-705) христианин Сергей и его сын Иоанн Дамаскин (которому приписывают основательное знание геометрии) были хранителями казны халифа. Научные переводы достигли, однако, полного развития при Аббасидах, которые, невзирая на постоянные войны с внешними и внутренними врагами, оказывались деятельными покровителями и почитателями науки. Альмансор (второй из династии Аббасидов), наследовавший своему брату, коварному и мстительному Абул-Абазу, сам не был чужд жестокости, но не следует забывать, что арабские владыки, несмотря на покровительство, оказываемое наукам, во всех случаях без исключения правили по-восточному.

Третий халиф этой династии и внук Альмансора *ГАРУН-АЛЬ-РАШИД* (786—809) (Гарун справедливый) продолжает дело своих предшественников и не только заставляет переводить классические сочинения, но и заботится о распространении их посредством многочисленных списков.

Триста ученых, как рассказывают, путешествовали на его счет по подвластным ему землям с научными целями, и ни при одном дворе не было в то время столько юристов, философов и поэтов, как при багдадском. Однако, несмотря на весь блеск, окруживший сказочным ореолом личность Аль-Рашида, и, несмотря на неразборчивость его в средствах устранять заподозренных недоброжелателей, целостность халифата начала уже колебаться в его царствование. Испания никогда не признавала власть Аббасидов и еще при жизни Аль-Рашида эдризиды основали

---

<sup>1</sup> «Journal of the American Oriental Society», VI, p. 107. Еще резче Ханыкова выражается Льюис в своей истории философии (т. II, стр. 34): «Арабской науки, в собственном смысле, не существовало никогда. Философия и наука магометан была от начала греческой, еврейской и персидской. Сами арабы редко посвящали себя научным исследованиям».

## ХИМИЯ АРАБОВ 83

независимое государство в Феце и Марокко, а аглабиды — в Тунисе и Каираване.

Запад познакомился с Аль-Рашидом, главным образом, при посредстве посольства, присланного им по случаю коронации Карла Великого. Посольство принесло в дар императору знаменитые водяные часы, возбудившие на Западе столько удивления.

*КАРЛ ВЕЛИКИЙ* (747—814), подобно своему арабскому другу, был покровителем наук. При посредстве английского монаха Алкуина (736—804) он учредил ученое общество, занимавшееся математикой, астрономией, исправлением языка и т. д. Он основал во всей Франции низшие и высшие школы, но все эти благие насаждения погибли после него в общей тьме.

Первый замечательный химик арабов Абу-Муза Джабир или *ГЕБЕР*, как его принято называть, жил около 800 г. Об его жизни известно мало достоверного<sup>1</sup>. Гебер остается наиболее выдающимся химиком не только среди арабов, но и в Европе до XV века, несмотря на длинный ряд преемников. Роджер Бэкон в XIII веке называет его еще *magister magistroum*. От греков Гебер отличался обширным запасом химических сведений и попыткой установить теорию химии. По его мнению, все металлы состоят из большего или меньшего количества ртути и серы, причем под серой и ртутью следует понимать не общеизвестные под этими названиями вещества, но более чистые начала. При сгорании металл теряет серу; сера есть, стало быть, сгораемая часть металла и основа горения. Позднейшие средневековые химики, принимая учение о составе металлов, интересовались, однако, не столько этой теорией горения, сколько теорией превращения, которую можно вывести из сложного состава (металлов. Гебер является, таким образом, отцом не только химии, но и алхимии. Легко понять, что он не совсем неповинен в деле развития последней. Действительно, если все металлы состоят из одних и тех же элементов, то естественно возникает мысль попробовать превращать их друг в друга, и Гебер сам описывает подобные опыты в своих сочинениях.

Учение о превращении металлов могло возникнуть у арабов тем легче, что философия чтимого ими Аристотеля, в противоположность атомистическому учению, не враждебна идее превращения материи, напротив, она скорее благоприятствует этой теории своей туманностью по вопросу о начальных свойствах вещества<sup>2</sup>. Атомистическое учение прямо противоположно алхимии, и только с общим признанием этого учения в химии алхимия стала невысказанной. Действительно, пока признается возможность качественного превращения вещества, можно еще надеяться превратить один металл в другой; но раз установлено,

<sup>1</sup> *Cantor* («Vorl. üb. Gesch. d. Math.») указывает, что этот Гебер, которого не следует смешивать с позднейшим математиком Абу Мухомед-Джабиром, учеником Садика, жил в 699 — 765 гг. Подробное исследование и оценку разных данных о Гебере можно найти у Коппа (*Kopp*. «Beitr. z. Gesch. d. Chemie», 3 Stuck, s. 13 u. f).

<sup>2</sup> Гебер кроме своих элементов привлекает и аристотелевские начала для объяснения основных качеств тел. Вода как основа жидкого состояния играет в его сочинениях выдающуюся роль при плавлении, накаливании и т. д.

## 84 АЛХИМИЯ

что все качественные различия веществ возникают исключительно в результате соединения или разъединения, и раз доказано, что металлы не могут быть разложены на простейшие элементы, превращение металлов становится невыполнимым. Так как в рассматриваемом периоде не существовало подобных взглядов, то несправедливо было бы относить алхимию в один общий раздел обманов наряду с астрологией и магией, если бы она не сбилась с пути прямого опыта и не вышла на путь мистических и магических гаданий. Пока арабы смешивали и разделяли вещества, стараясь превратить свинец в золото химическими приемами, они оставались химиками; когда же они наряду с веществом, долженствовавшим произвести это превращение, начали отыскивать философский камень, этот источник всякого совершенства, то из адептов науки они превратились в шарлатанов. Вот почему алхимия, вопреки существующему мнению, так же мало совпадает с химией, как астрология с астрономией.

Оба эти заблуждения человеческого ума могли, пожалуй, вначале способствовать развитию наук, служа побуждением для работы; но в средние века они причинили всему естествознанию, а в том числе и физике, больший вред, чем принято думать. Они нанесли урон науке, ослабив мыслительную способность в пользу фантазии, нарушив умственный покой мистическими гаданиями и совершенно отуманив рассудок, который в исследовательской области должен довольствоваться медленным, строго обдуманым продвижением вперед. Беззастенчивость заявления арабских ученых, будто Адам написал первый арифметический трактат, находящийся в их руках, представляет еще не самое резкое доказательство средневекового отсутствия критики; а тот факт, что подобное отсутствие критики сделалось вообще возможным, следует в значительной степени приписать влиянию мистических наук.

Нельзя ли, однако, признать за алхимией какой-нибудь заслуги, и именно по отношению к физике? Алхимия, бесспорно, начала с опытов и принесла в дар химии обширный и ценный фактический материал. Не получила ли от нее и экспериментальная физика первых намеков своего метода? Ответим прямо: ни у арабов, ни у христианских физиков средневековья не замечается ни малейших признаков подобного влияния, и это, по нашему мнению, объясняется тем, что *алхимия — не наука и что беспорядочные гадательные пробы всех возможных химических комбинации не имеют ничего общего с экспериментальным, научным методом.* В средние века ревностно изобретали механические и физические фокусы, вроде получения золота; но научная физика не могла ни в коем случае искать у алхимии указаний научного метода, которым та никогда не обладала.

Чтобы покончить с Гебером, нам остается привести интересную цитату, которую Э. Видеман<sup>1</sup> заимствовал из «Книги милосердия», приписываемой Геберу, по-видимому, без достаточных оснований. Вот эта выписка: «У меня был кусок магнитной руды, поднимавший 100 диргемов железа. Я дал ему полежать некоторое время и поднес к нему другом кусок железа. Магнит его не поднял. Я подумал, что

<sup>1</sup> «Annal. d. Phys. u. Chemie», Neue Folge, IV, 320.

## МАГНЕТИЗМ. ГРАДУСНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ 85

второй кусок железа тяжелее 100 диргемов, которые он прежде поднимал, и взвесил его. В нем оказалось всего 80 диргемов. Значит, сила магнита ослабела, величина же его осталась прежней». Весьма характерно для наблюдательных способностей Гебера, что он умеет с такой точностью отделять массу магнита от его силы; но плохим показателем для пресловутого экспериментального метода арабов служит то, что подобное наблюдение над магнитом не имело дальнейших последствий и что арабы, несмотря на постоянную возню с магнитом, не дошли до лучшего понимания его свойств.

Царствование *АЛЬ-МАМУНА* (813—832), второго сына Гарун-Аль-Рашида, было самым цветущим периодом науки в багдадском халифате. Аль-Мамун получил свое образование у христианского врача Мезуа и не только был любителем просвещения, но и деятельным ученым, по крайней мере, в астрономии. Он основал школы и библиотеки во всех значительных городах своего государства и, чтобы открыть к ним свободный доступ греческой науке, поставил одним из главных условий мира с побежденным византийским императором Михаилом III выдачу значительного числа греческих сочинений.

По его желанию арабы предприняли новое градусное измерение. Две партии ученых измерили в Тадморской равнине градус меридиана, одни к югу, другие к северу (вероятно, числом шагов). Обе партии определили пройденное ими расстояние в 57 арабских миль. Халиф послал затем других астрономов в пустыню Синдхар для определения еще одного градуса. Они определили его в  $56\frac{1}{4}$  миль, вследствие чего приблизительная величина была выведена в  $56\frac{2}{3}$  арабских миль. Арабская миля заключала в себе 400 локтей, а черный локоть, введенный Аль Мамуном, равен 239,69 парижских линий. Арабские ученые определили, стало быть, земную окружность, считая в наших мерах, в 5948 миль. Сравнительно с первым градусным измерением Эратосфена ошибка уменьшилась с  $\frac{1}{7}$  до  $\frac{1}{10}$ .

Величайшим астрономом арабов был *АЛЬБАТТАНИ* (850—929) (Albatagnius латинских переводчиков)<sup>1</sup>. Он родился в Баттане, в Месопотамии, и жил в Антиохии наместником халифа. Будучи замечательным наблюдателем, он во многих отношениях исправил Птолемея. Так, им было замечено, что предварение равноденствий достигает одного градуса в 66 лет (в действительности — в 72 года), а не в 100, как утверждал Птолемей; он точнее определил эксцентриситет солнечного пути и открыл, что место земного приближения к солнцу перемещается. Уверяют, что Альбаттани находил теорию Птолемея для объяснения сложного лунного движения неудовлетворительной, что не заставило его, однако, отречься от «Альмагеста». В настоящее время трудно решить, недоставало ли у него смелости отступить от этой системы вследствие чрезмерного преклонения перед ее творцом, или же при всей способности к наблюдению ему не хватало умственной энергии для проложения нового пути независимо от руководящего авторитета. Смотря по высшей или низшей оценке способностей арабов вообще, придется склониться на сторону того или другого предположения.

<sup>1</sup> Мохамед-ибн-Джабир-ибн-Саан Абу-Абдаллах-аль-Баттани.

## 86 ТОЧНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Альбаттани определил длину года в 305 дней 5 час. 24 сек., т. е. на 2 мин. 22 сек. меньше действительного. Английский астроном Гелли вполне извиняет такую погрешность, находя, что Альбаттани лучше бы сделал, если бы и в этом случае не слишком доверился наблюдениям Птолемея. Сочинения Альбаттани были напечатаны в 1537 г. под заглавием «De scientia stellarum». Знаменитый Региомонтан снабдил это издание примечаниями.

Тотчас после Альбаттани замечается увядание раннего расцвета наук в Багдаде. Власть халифов все более и более ограничивается духовными делами, а светскую отвоевывают у них предводители их наемной турецкой гвардии под титулом Эмир-Аль-Омра. Но и последнее уже не в силах предупредить распадение халифата на части. В 945 г. Багдад подпадает под власть персидской династии Буджидов; эти последние изгоняются в 1058 г. сельджуками, а в 1258 г. Багдад переходит в руки монголов, которые кладут конец призрачной власти халифов. Здесь нельзя не обратить внимания на одно обстоятельство, красноречиво свидетельствующее об умственной силе арабов: несмотря на то, что с уничтожением власти и богатства халифов наука лишилась существенной поддержки, она не угасла окончательно; повелители сельджуков и даже монголов в Багдаде превращались в покровителей наук, в особенности астрономии. Первый же из монгольских властителей, внук дикого Чингисхана, Иелекухан, приглашал магометанских ученых к своему двору и устроил в Тавризе обсерваторию, где знаменитый астроном Насср-Эддин производил свои наблюдения. Дальнейшим доказательством, что арабская ученость не была совершенно искусственным растением в садах халифов, а находила почву в природных наклонностях арабов, служит ее распространение в среде арабов всей передней Азии и Египта и ее процветание в Испании.

В Испании, где в 756 г. Кордова была превращена в столицу самостоятельного халифата бежавшим из Азии Омайядом-Абдуррахманом I, науки достигли полного расцвета уже в царствование Абдуррахмана III (912—961) и, в особенности, его сына *Хакама II* (961—970). В царствование последнего кордовская академия приобрела такую славу, что затмила своим блеском все школы передней Азии. Хакам поручал особым посланникам в Аравии, Сирии, Персии и Египте покупать рукописи, не щадя денег, или, по крайней мере, приобретать списки, вследствие чего число томов в кордовской библиотеке достигло 300 000. Тамошние профессора не только получали от халифа постоянное жалование за преподавание, но и щедрую помощь для свободного завершения научных трудов. Кроме Кордовы, в Гренаде, Толедо, Севилье, Валенсии и других городах были учреждены высшие школы, библиотеки и ученые академии. Испания сделалась средоточием научной жизни, и, как прежде просвещение шло из Багдада, в переднюю Азию, так теперь оно начало распространяться по Европе из Кордовы.

Несмотря на непримиримую противоположность между магометанами и христианами, последние начали сознавать живительную силу, скрытую в научных работах первых. Началось постепенно возрастающее движение христиан к неверным в Испанию для изучения филосо-

## ОТКРЫТИЯ ГЕРБЕРТА. АРАБСКИЕ ЦИФРЫ 87

фии, математики и медицины. Сравнительно с массой населения в Италии, Франции, Германии и Англии науке посвящали себя, разумеется, лишь немногие, а народ, мало способный понимать их стремления и ценить привезенные ими познания, относился к таким людям большей частью как к колдунам. Тем не менее, влияние арабов и их знакомство с древней ученостью отражается все сильнее и сильнее на христианской Европе, пробуждая и в ней интерес к науке.

Кантор в своей «Истории математики» не верит, чтобы христиане посещали или имели право посещать магометанские школы, например кордовскую, так как кордовские халифы не уступали в нетерпимости христианским властителям. По его мнению, арабская наука проникла мало-помалу в соседние вестготские государства, и уже оттуда, из испанской марки по ту сторону Эбро, почерпали свои знания французские и немецкие ученые. Мы не в состоянии разрешить существующего на этот счет разногласия. Во всяком случае, не подлежит сомнению, что арабы прямо или косвенно были учителями христианских ученых. *ГЕРБЕРТ*, впоследствии папа *СИЛЬВЕСТР II* (999—1003), — самый известный из импортеров арабской учености в Европу. Получив первоначальное образование в Орильякском монастыре и других французских школах, он отправился в Кордову и Севилью, чтобы изучать арабскую науку из первоисточника. По мнению современников, он превзошел своих учителей в физике и химии. Ему приписывают изобретение парового органа, колесных часов и т. д. Однако точных сведений на этот счет у нас не имеется. Более достоверно, что он вынес из Испании знание арабской системы счисления. Вначале она, разумеется, составляла исключительное достояние ученых математиков, потому что в документах арабские цифры начинают появляться не ранее XIV столетия, а в массу населения они проникают, кажется, только благодаря знаменитому мастеру счета Адаму Ризе (1492—1559).

Молодой император Отгон III сделал ученого монаха папой и поддерживал его своим влиянием. Оба они умерли вскоре друг за другом. Суеверные монахи после смерти папы рассказывали, что он у сарацинов продал свою душу дьяволу, сохранял скрытно бесенка в чалме, мог существовать в двух различных образах и т. д.

Знаменитейший врач арабов, имевших вообще особенное пристрастие к медицине, был *ИБН-СИНА*<sup>1</sup>, прозванный *АВИЦЕННОЙ* (980 — 1037). Он родился в Харматине, в Бухаре, но был персидского происхождения: 17 лет от роду он уже исполнял должность придворного врача бухарского эмира, а после его смерти отправился путешествовать. Впоследствии Авиценна сделался визирем и врачом гамаданского эмира, но вскоре должен был бежать, так как его обвинили в участии в заговоре. Умер он в Испагане. Уверяют, что пристрастие к вину ускорило его смерть. Авиценнов «Канон медицины» целые столетия служил учебником для европейских школ. Еще в XIV столетии Скалигер говорил, что тот не может быть хорошим врачом, кто не изучил

<sup>1</sup> Абу Али Гусейн ибн-Абдаллах ибн-Гуссенн ибн-Али ас-Шейх ар-Рейс Ибн-Сина.

## 88 ОПТИКА АЛЬГАЗЕНА

вполне Авиценны. Его авторитет подорвали только опытные науки. Авиценна не ограничился изучением медицины; для арабов он, имея большое значение и как философ, именно тем, что, устранив новоплатонические элементы из учения Алфараби (950), он примкнул теснее к Аристотелю. Многие из его сочинений представляют обработку соответствующих сочинений Аристотеля, как показывают самые названия: «Logica», «Physica», «De Caelo et Mundo», «De Aroma», «De Animalibus» и т. д. Несмотря на невоздержанную жизнь, Авиценне приписывают около 100 сочинений<sup>1</sup>, из которых, однако, сохранились очень немногие. Знаменитый схоласт Альберт Магнус широко пользовался этими работами.

Подробности о жизни наиболее выдающегося арабского оптика *АЛЬГАЗЕНА* (1038) стали известны только в последнее время. Мы упоминаем о них в конце этого параграфа. Его главное сочинение, переведенное в 1572 г. на латинский язык Ризнером<sup>2</sup>, представляет самое полное изложение оптики в период от Птолемея до Роджера Бэкона. Пока трактат самого Птолемея не был известен, все думали, что сочинение Альгазена — не более как список. Но когда птолемея оптика была вновь открыта, по крайней мере, в переводе с арабского, убедились, что Альгазен во многих отношениях пошел дальше него. Кроме того, Э. Видеман<sup>3</sup> в другом сочинении Альгазена «О свете» нашел много ссылок на предшественников, что тоже свидетельствует против нечестного пользования чужими трудами со стороны арабского ученого.

Альгазен различает в глазу 4 перепонки и 3 жидкости; из них: важнейшая — хрусталик. Существование изображений на сетчатой оболочке глаза ему неизвестно; он полагает, что они возникают в хрусталике. Единое же видение двумя глазами он подобно нам объясняет тем, что ощущения, возникающие в соответствующих частях обоих глаз, соединяются общим зрительным нервом в одно. Древнюю теорию зрительных лучей он окончательно отвергает. Как прежде доказывали, что из глаза исходят лучи к каждой точке предмета, так Альгазен доказывает, что, наоборот, от каждой точки светящегося предмета идет множество лучей к глазу. Свет, по его мнению, не может распространяться мгновенно; если открыть отверстие, сделанное в ставне, и впустить свет в комнату, то это, во всяком случае, происходит в течение некоторого, хотя бы и очень короткого, времени. У преемников Альгазена этот взгляд долго не находил сочувствия.

Из зеркал Альгазен рассматривает плоское, два сферических, два цилиндрических и два конических, причем в трех последних парах зеркал у него отражает или внутренняя, или наружная поверхность. Он ставит себе задачей найти для каждого зеркала точку, от которой должен отразиться свет, чтобы из данной точки он попал в данный глаз. Такая постановка вопроса непрактична и представляет мало интереса с физической точки зрения. Мы обычно ищем в зеркале не

<sup>1</sup> Число это, разумеется, преувеличено. В средние века любили приписывать сочинения неизвестных авторов знаменитым ученым.

<sup>2</sup> Opticae Thesaurus Alhazeni Arabis, libri VII nunc prim, editi. Eiusdem liber de crepusculis etc. Item Vittellonis, libri X, ed. a. F. Risnero, Basil, 1572.

<sup>3</sup> «Annal. f. Physik u. Chemie», Neue Folge, I, 480.



## ЧЕЧЕВИЦЫ. ВЫСОТА АТМОСФЕРЫ 89

точки отражения лучей от зеркала при данной точке изображения, а наоборот, ищем место изображения, т. е. ту точку, в которой световые лучи, идущие от светящейся точки, вновь соединяются. Тем не менее, средние века сохранили эту задачу в неизменной форме и назвали ее альгазеновой. Произошло это, вероятно, лишь потому, что она представляет математический интерес. Сам Альгазен руководился при ее обработке одними математическими соображениями. Вообще, его «Оптика», подобно оптическим трактатам древних, отличается чисто математическим характером как по методу, так, зачастую, и по руководящей цели.

При установлении закона преломления Альгазен не был счастливее Птолемея, но исследования его важны, поскольку он, в противоположность Птолемею, доказывает, что углы падения и преломления не пропорциональны. Этим уже был дан толчок к отысканию закона взаимной зависимости углов падения и преломления. Альгазен описывает способ измерения углов преломления и напоминает, что отклонение луча тем значительнее, чем больше различие плотности преломляющих сред; но собственных измерений он не сообщает. Зато в трактате «О зажигательном шаре» Альгазен, на основании измерений Птолемея, при помощи крайне точных фигур выводит положение: в каждом гладком и прозрачном шаре из стекла или подобного ему вещества теплота солнечных лучей собирается на известном расстоянии от шара, которое меньше четверти его поперечника. Э. Видеман<sup>1</sup> нашел в Лейдене комментарий к этому трактату, который не был известен в средние века.

Увеличительная способность стеклянной чечевицы полусферической формы была известна Альгазену. Странно, однако, что он советует класть чечевицу плоской стороной на рассматриваемый предмет, а выпуклой к глазу. Либо он перенял это наблюдение чисто механически от своих предшественников, что возможно, или же его наблюдательная способность не была особенно тонкой, что труднее предположить после его работ над углами преломления.

Способ Альгазена определения высоты атмосферы нов и интересен. До него принимали, что земная атмосфера распространяется очень далеко, быть может, за пределы луны. Альгазен же заключил, на основании границы сумерек, которую он, по примеру древних, считает равную  $18^\circ$ , что высота атмосферы не превосходит 52 000 шагов. Позднейшие оптики, например Кеплер, доказали неточность этого результата, происходящую вследствие того, что Альгазен заставляет световой луч отражаться от атмосферы только в одной точке, между тем как фактически луч на своем пути через атмосферу отклоняется постепенно. Во всяком случае, даже при величайшей точности этим способом нельзя определить высоты атмосферы, а лишь высоту, до которой атмосферные слои способны еще заметным образом отражать свет.

Рассуждение о том, почему солнце и луна кажутся на горизонте гораздо больше, чем в зените, дает нашему ученому случай выказать ясное понимание связи между видимой величиной предмета и его рас-

<sup>1</sup> «Annal. f. Physik u. Chemie», Neue Folge, VII, 680.

## 90 ЖИЗНЬ АЛЬГАЗЕНА. МЕХАНИКА АЛЬГАЦИИ

стоянием. Явление это Альгазен, подобно нам, объясняет обманом чувств, а именно: предметы, находящиеся между нами и горизонтом, заставляют нас считать расстояние солнца на горизонте большим, нежели в зените, а мнимое увеличение расстояния вызывает впечатление, будто предмет увеличился.

Так как оптика Альгазена все еще является математической по преимуществу, то неудивительно, что мы встречаем в ней мало интересного по вопросу о цветах. Несколько верных физических положений заслуживают, впрочем, внимания: на глаз влияют свет и освещенные цвета; цвета тел бывают различные, смотря по их освещению; тела, которые в темноте почти черны, оказываются цветными при большем освещении.

Кантор в своей истории математики (стр. 677) считает вероятным тождество Альгазена с Алхайтемом (Абу-Али аль-Гасан-ибн-аль-Хасан ибн-аль-Хайтем). Последний родился в Альбасре и в зрелых годах переселился в Египет. Так как он утверждал, что легко принять меры для уравнивания ежегодных разливов Нила, то халиф Хаким и пригласил его в Каир. Вместе с несколькими учеными Аль-Хайтем отправился вверх по Нилу, но уже на первых порогах должен был убедиться, что осуществление его плана невыполнимо. На этот раз он успел оправдаться; но, оказавшись несостоятельным в других государственных делах, он навлек на себя гнев халифа и был вынужден бежать. Смерть Хакима позволила ему снова вернуться в Каир, где он вел уединенную жизнь писателя и умер с 1038 г.

Э. Видеман<sup>1</sup> открыл в Лейдене подлинник комментария Альфаризи (Камал эд-дин Абдул Хасан аль-Фаризи) к обширному оптическому сочинению Абу-Али аль-Хасан ибн-аль-Хайтем аль-Бази. При сличении ссылок этого сочинения на оригинал с ризнеровским переводом Альгазена становится совершенно ясным, что этот аль-Хайтем аль-Бази и наш Альгазен, действительно представляют собою одно и то же лицо.

Нам известно только одно арабское сочинение по механике: *«Книга о весах мудрости»*, которую АЛЬГАЦИИ написал в 515 г. геджры, а русский генеральный консул Н. Ханыков сообщил в извлечении и французском переводе Американскому восточному обществу в 1857 г., общество же обнародовало, снабдив его английским переводом<sup>2</sup>. Несмотря на замысловатое заглавие, в книге, действительно, речь идет о весах, названных весами мудрости за их удивительные свойства. Они служат, главным образом, для определения удельного веса и, подобно нашим, состоят из равноплечевого коромысла с чашками. Только вместо двух чашек здесь имеется не менее пяти, отчасти подвижных, а на коромысле — деления, вследствие чего весы эти можно употреблять как безмен. При помощи только одной подвижной чашки весовые отношения двух тел определяются прямо без посредства гирь. Одна из чашек может быть подвешена под любой из прочих для взвешивания

<sup>1</sup> «Annal. f. Physik. u. Chemie», В. 159, S. 656.

<sup>2</sup> N. Khanikoff, Analysis and Extracts of «Book of the balance of wisdom» etc. p. 1—128 из «Journal of the Am. Or. Soc.», VI.

## УДЕЛЬНЫЕ ВЕСА 91

тел в воде, и, наконец, третья чашка служит для уравнивания предыдущей. Альгацини находят в этих весах следующие преимущества: 1) они так точны, что при грузе в 1000 митхалов указывают на один лишний, если они сделаны искусным мастером; 2) они отличают чистый металл от подделок; 3) они учат распознавать металлические сплавы в самое короткое время и с наименьшим трудом, не подвергая их каким-либо изменениям; 4) они определяют разность веса двух погруженных в воду металлов, которые в воздухе равны по весу, и наоборот; 5) они открывают свойства тел посредством определения веса; 6) они указывают настоящую ценность различных монет, если для них однажды определено соответствующее отношение коромысла; и, наконец, — лучшее их качество, — они отличают настоящие драгоценные камни от поддельных.

Перечисление этих достоинств кажется на первый взгляд чересчур длинным и несколько хвастливым. Однако таблица удельных весов, приложенная автором, свидетельствует, что он при помощи своих весов действительно достигал изумительных результатов. Приводим несколько примеров удельных весов, прилагая в скобках соответствующие величины по новейшим определениям. Литое золото 19,05 (19,26 до 19,3); ртуть 13,56 (13,557); свинец 11,32 (11,389 до 11,445); серебро 10,30 (10,428 до 10,445); литая медь 8,66 (8,667 до 8,726); кованое железо 7,74 (7,6 до 7,79); жемчуг 2,60 (2,684); слоновая кость 1,64 (1,825 до 1,917); кипящая вода 0,958 (0,9597); вино 1,022 (0,992 до 1,038); коровье молоко 1,110 (1,42 до 1,04)<sup>1</sup>.

Альгацини сообщает точнейшие правила для устройства и употребления его весов. В основу их положены архимедовы законы равновесия рычага и весовой потери тел в воде, поэтому теоретически они не особенно интересны. Наш автор, однако, подобно большинству арабских ученых, любит подходить к делу издали и делать по пути отступления, вследствие чего книга приобретает интерес, которого она не имела бы при других условиях. Именно, она наглядно изображает нам состояние арабской механики до Альгацини и в его время.

Предпослав пространное изложение причин, побудивших его назвать свой прибор так, а не иначе, и подкрепив их ссылками на Коран, разъяснив затем основные начала искусств вообще и своих весов в частности, Альгацини перечисляет имена ученых, занимавшихся ранее его устройством водяных весов. Таковы: Архимед (до времен Александра!), Менелай (400 лет после Александра), Саид-бин-Али, Юханна-бин-Юсиф и Ахмед-бин-аль-Фадл (времен Альмамуна), Мухамед-бин-Закария аль-Бай. Ибн-аль-Амид, Ибн-Сина, Абу-Райхан, Умар-аль-Хайами и Абу-Хатим аль-Музафир бин-Измаил (два последние — его современники).

Далее следует описание прежних водяных весов, и только после этого начинается трактат о весах мудрости с планом подразделения и обзором содержания. Главные теоремы касательно центров тяжести изложены, как замечает автор, по Абу-Салю Кузистанскому и Ибн-аль-

---

<sup>1</sup> Первый арабский ученый, оставивший нам таблицу удельных весов, был Альбируни, умер в 1038 или 1039 г.

## 92 ПОТЕРЯ ВЕСА В ЖИДКОСТИ

Хайтаму<sup>1</sup>. Положения эти, перечисленные друг за другом без пояснений, ни в каком отношении не идут дальше положений, установленных греческими механиками. Тяжелым называется тело, которое собственной силой стремится к центру мира. Сила эта не может быть отнята у тела, и тело не может оставаться в покое, в какой бы то ни было точке, за исключением центра, если ничто его не задерживает, а должно продолжать движение, пока не достигнет центра; здесь его движение прекращается. Когда тяжелое тело движется в жидкости, его движение бывает пропорционально степени разжижения последней, так что движение происходит всего быстрее в наиболее жидкой среде, и проч. Положения, касающиеся весовой потери тел в воде, равновесия плавающих тел, сферической формы жидкости, находящейся в равновесии, и т. д., которые сам Альгацини называет архимедовыми, не представляют ничего нового. Зато следующая глава, где изложена теория легкости и тяжести тел по Евклиду, содержит две ясно сформулированные истины, а именно, что скорость тела измеряется отношением пространства ко времени и что сила тяжести действует на тело в прямом отношении к его массе. Еще интереснее следующие главы.

Альгацини знает, что тела, погруженные в жидкость, теряют часть своего веса и что весовая потеря тем больше, чем плотнее или тяжелее жидкость. От воды он переходит к воздуху. И в воздухе тела должны терять в весе, притом в прямом отношении к его плотности. Отсюда следует: «Если какое-либо тело любого состава переходит из разреженного воздуха в более плотный, оно делается легче; и, наоборот, вес тела увеличивается при переходе из более плотного в более редкий воздух». Но коль скоро за воздух и водой признан некоторый вес (как это уже делали древние, которые один огонь считали абсолютно легким телом), то ясно, что воздух по мере приближения к центру мира должен постепенно уплотняться. Отсюда же само собой следует: «Тяжесть любого тела, имеющего определенный вес на известном расстоянии от центра мира, изменяется соответственно расстоянию от этого центра: по мере удаления от последнего его тяжесть будет увеличиваться, а по мере приближения уменьшается. Поэтому тяжесть тела прямо пропорциональна его расстоянию от мирового центра». Ханыков склонен, на основании этих слов, приписывать арабам некоторое понятие о теории тяготения («в теперешней ее форме), но только ограниченное земными телами, так как Альгацини самым определенным образом исключает небесные тела из круга своих рассуждений. Ханыков отмечает ошибку арабского ученого, принимающего, что тяжесть прямо пропорциональна расстоянию, а не обратно пропорциональна квадрату последнего; но, тем не менее, пытается приписать ему открытие изменяемости силы тяжести в нашем смысле. Мы не согласны с этим взглядом. Альгацини понимает тяжесть совершенно так же, как греки. Для него она во всех случаях постепенное, независимо от месторождения, статическое давление,двигающее тело по направлению к центру и в последнем равное нулю. Он не имеет понятия о действии постоянной, еще менее — о действии изменяющейся

---

<sup>1</sup> Знаменитый оптик.

## КАПИЛЛЯРНОСТЬ. ТЕРМОМЕТРЫ 93

силы, как это видно из того, что он заставляет падающее тело внезапно останавливаться в центре, и говорит всегда только о тяжести, никогда не касаясь падения тел. Единственное новое явление, сообщаемое Альгацини, это изменчивость веса тел в различных слоях атмосферы: мнимое же представление об изменчивости силы тяжести происходит оттого, что он не отделяет понятий абсолютной тяжести и тяжести в воздухе. *Абсолютный вес тел остается и у него постоянным при любом расстоянии от центра, только относительный вес изменяется в воздухе.*

Отделы, следующие за первыми, по преимуществу теоретическими, исследованиями Альгацини, для нас менее интересны. Остановимся здесь, однако, на нескольких отдельных моментах.

В третьем разделе книги описывается сосуд, придуманный Альбируни для определения объема тел. Это — полый сосуд, открытый наверху и снабженный сбоку кругообразно изогнутой вытечной трубкой. Если в него по наполнении водой погрузить тело, то из боковой трубки вытекает вытесненная последним вода. По весу вытекшей воды определяется ее объем, а отсюда и объем исследуемого тела. Альгацини замечает, что обращение с прибором довольно затруднительно, так как вода нередко прилипает к стенкам узкой трубки и вытекает в чашку весов лишь мало-помалу каплями. Из этих слов Ханьков заключает, что арабам было известно притяжение капиллярных трубок. Такой вывод кажется нам несколько рискованным. В самом деле, на основании упомянутого места нельзя составить себе понятия о том, как далеко шло знакомство арабов с явлениями волосности и было ли оно ими хоть сколько-нибудь изучено.

В пятом разделе своей книги Альгацини трактует о воде, служащей для определения удельного веса. Ему известно различие удельного веса различных источников и — что свидетельствует о поразительной точности его наблюдений — известно также влияние температуры на удельный вес воды. Он говорит, что его весы указывают на меньший вес воды летом и больший зимою, прибавляя, что температура воды может быть в точности определена как летом, так и зимою. Это замечание дает основание Ханькову предполагать, что арабы употребляли водяные весы в качестве термометра. По нашему мнению, данное предположение так же мало обосновано, как и предыдущее.

В заключение Альгацини описывает применение весов для определения горизонтальной линии и для определения времени. Первое ясно само по себе; для второго он дает следующие указания. К плечу длинного коромысла подвешивается водяной резервуар, опорожняющийся в течение 24 часов через боковое отверстие. Если наполненный резервуар уравновесить гирями, то он будет постепенно подниматься и в точности указывать время.

Книга Альгацини знакомит нас со всеми достоинствами и недостатками арабских ученых. Она свидетельствует о поразительной ловкости его автора в устройстве и употреблении измерительных приборов, но вместе с тем и о полной зависимости его исследований от работ греческих механиков. Подобно тому как арабский астроном Альбаттани далеко превосходит греков в точности наблюдений и, тем не ме-

нее, в принципе не решается идти далее своего учителя Птолемея, так и величайший из арабских механиков не уклоняется от Архимеда в методе и даже целях своих научных изысканий. «Весы мудрости» служат новым доказательствам того, что *арабы в существенных чертах остановились на точке зрения математической физики*; что, умея с замечательным искусством применять опыт к случаям, намеченным греками, они никогда не пытались проверять их гипотез, разъяснять сложные явления или сознательно и систематически прилагать опыт к исследованию новых фактов. Насколько у греков замечается избыток склонности и способности создавать гипотезы, настолько у арабов недостает в этом смысле воображения. Уже это одно исключает всестороннее развитие опытного исследования в арабской науке. Мы, правда, допустили выше, что измерительные опыты составляют первый шаг к экспериментальному методу и охотно признаем, что в этом первом шаге арабы оказались искуснее греков; но мы остаемся при убеждении, что до цели им еще было очень далеко и что *экспериментальная физика возникла из измерительной не ранее конца средних веков*.

Сочинение Альгадини не имело, по-видимому, дальнейшего влияния на развитие механики. Во время его появления арабская наука начала уже сильно склоняться к закату, а позднейшим поколениям сочинение это оставалось неизвестным до 1857 г. По этой причине мы знаем об Альгадини только то, что он сообщает сам. Даже имя его известно в точности только благодаря тому, что некоторые главы начинаются словами: «Так говорит Альгадини». Комитет, занимающийся изданием трудов Американского восточного общества, высказал, было предположение, что Альгазен и Альгадини одно и то же лицо. С тех пор, однако, как Видеман <sup>1</sup> показал тождество Альгазена и Аль-Хайтама, это предположение отпадает само собой, так как автор книги «Весы мудрости» несколько раз ссылается на Ибн-аль-Хайтама. По свидетельству самого автора, книга его была написана в 1121—1122 г. (515 г. геджры), когда царствовал халиф (сельджукский) Абдул Харит-Санджар бин-Маликшах бин-Алпарслан, в городе Юриании (провинция Куваразм), лежащем неподалеку от впадения Окса в Аральское море. Ханыков полагает, что это нынешний Куна-Ургени, находящийся в 4 географических милях от устья Аму-дарьи.

*ИБН-РОШТ*, или *АВЕРРОЭС* (1120—1198), как его обыкновенно называют, — последний выдающийся ученый у западных арабов. Вскоре после него владычество мавров пало под натиском христиан, и арабская наука угасла навсегда. Аверроэс известен всего более как почитатель и комментатор Аристотеля: «Аристотель положил начало и конец всем наукам. До него не было писателя, достойного упоминания, и никто в течение пятнадцати веков после него не прибавил чего-либо выдающегося к его учению и не указал в нем каких-либо заблуждений. Аристотель — величайший из людей. Бог допустил его достигнуть венца всякого совершенства». В таком духе поясняет Аверроэс творения Аристотеля в трех книгах — кратком, среднем и подробном ком-

<sup>1</sup> См. об Альгазене, стр. 90.

## КОНЕЦ АРАБСКОЙ НАУКИ 95

ментариях. Сверх того, он писал отдельные трактаты об аристотелевских проблемах (между прочим, физических), не осмеливаясь, разумеется, идти далее великого учителя. Тем удивительнее, что в очерке об Альмагесте (где он, в сущности, разделяет взгляды Птолемея) Аверроэс замечает: вычисления верны, но действительное положение вещей все-таки не объясняется этой системой. Теория эпициклов и эксцентриситетов, по его мнению, неправдоподобна. Он выразил пожелание, чтобы эти слова побудили к исследованиям других ученых, так как сам он уже слишком стар.

Аверроэс родился в Кордове, где его семья занимала высокие общественные должности и пользовалась большим почетом. Сам он был любимцем халифа Юсуфа и его наследника Якуба Алманзора в начале его царствования. В это время правоверное магометанское духовенство приобрело такую силу, что добилось ссылки Аверроэса за его ереси, заставив халифа издать эдикт, где он объявлял, что бог приуготовил адский огонь для всякого, кто безбожным образом осмеливается утверждать, будто истина познается разумом. Эдикт был, правда, скоро отменен, и Аверроэс вызван обратно, но его конец был уже близок. Он умер в Марокко.

Вообще в этот период ислам изменил свое направление. Под давлением внешних условий<sup>1</sup> узкий догматизм и фанатизм приобрели решительный перевес. Арабской философии пришлось вести борьбу за свое существование, и исход борьбы сложился не в ее пользу. Имя Аристотеля сделалось позорным, философов стали презирать, а творения их предавать истреблению. На развалинах науки торжествовал свирепейший магометанизм. Вот причина, почему Аверроэс имел мало влияния на своих единомышленников и почему его сочинения так редко встречаются в подлиннике. Зато евреи и христиане преклонялись перед ним почти четыре века и распространили его сочинения на многих еврейских и латинских переводах.

---

<sup>1</sup> После смерти Гишама (1036), последнего из омаядских халифов, испанско-арабский халифат перестал существовать как единое целое. Отдельные государства с трудом отбивались от христианских врагов. Призванные из Мавритании моравиты и амуравиды еще раз успели остановить натиск христиан (1086), но уже в 1236 г. владения арабов ограничивались одной Гренадой.

## 2. Христианский период средневековой физики

(От 1150 до 1500 г. н. э.)

Когда с окончанием переселения народов на западе Европы водворился сравнительный покой, христианство успело окрепнуть извне и внутри. Возникло вновь стремление к познанию. Оно обратилось на первых порах к тому, что было ближе под рукой, что продолжало всего более занимать умы, именно к религиозным вопросам. В тишине монастырских стен стало замечаться постепенно усиливающееся движение мысли, и потребность истолкования догматов сделалась мало-помалу настолько настоятельной, что знаменитый епископ Ансельм кентерберийский выразил, наконец, это общее стремление формулой: *Credo ut intelligam* (т. е. верю, чтобы понимать).

Простого понимания смысла догматов было, однако, недостаточно. Требовалось убеждение в их истинности, их нужно было доказать. Ансельм приводит уже знаменитое онтологическое основание бытия божия, по которому бог, как совершеннейшее существо, необходимо должен существовать, потому что в противном случае он не был бы совершенным. Для доказательства требуется, между прочим, строгая логика, а для защиты положений, подвергающихся нападкам, ловкая диалектика. То и другое можно было найти только у древних философов, и потому христианская теология устремилась к памятникам классической образованности, и христианские вероучители превратились в философов. Правда, не в мыслителей свободного греческого типа, которые пытались объяснить мир гениальным, независимым и свободным умом, но в философов *ad hoc*, поставивших себе единственной целью установить догматы на рациональной почве, неизменно признавая веру нормой познания, церковное учение критерием всякого исследования. «Истинно ли то, во что вселенская церковь верует сердцем и что исповедует устами, не должен подвергаться сомнению ни один христианин. Но веря непоколебимо, любя свою веру и живя согласно с нею, пусть каждый ищет в смирении оснований для своей истины. Если он будет в состоянии постичь их, то пусть возблагодарит бога; если же нет, то да не восстанет он против истины, а, преклонив главу, да благоговеет» — так говорит Ансельм. Философия не должна учить ничему, чему не учит в то же время церковь, но она должна доказывать истину церковного учения свойственным ей способом, т. е. независимо от всякого опыта. Ансельм рассказывает, что



## ХРИСТИАНСКИЙ ПЕРИОД СРЕДНЕВЕКОВОЙ ФИЗИКИ 97

братия просила его изложить письменно мысли, которыми он делился с ними устно. «Они просили меня не заимствовать никаких решительных аргументов из писания, но следовать обыкновенным и всем понятным приемам доказательства, соблюдая правила обыкновенных прений».

Ограниченная таким образом философия, известная под именем схоластики, господствовала в различных видоизменениях в течение всего средневекового периода. Внешним образом она продолжала держаться указанной выше программы, но фактически способствовала отделению познания от веры и мало-помалу отвела первому особую область, исключаящую веру. Первым схоластикам были известны лишь немногие сочинения древних писателей. Со всеми сочинениями Аристотеля они познакомились только в XIII веке через посредство арабов. С этого времени начинается не резкое и внезапное, но, тем не менее, положительное и постепенное видоизменение и расширение философии. Естественнонаучные сочинения Аристотеля открыли перед схоластиками путь к изучению природы и до известной степени поколебали исключительное господство религиозного элемента в философии. В чтимом ими Аристотеле «схоластики должны были признать естествоиспытателя, и естествознание вступило в умственный кругозор западных ученых. Вдобавок, христианские ученые, лично отправлявшиеся отыскивать аристотелевскую мудрость у арабов и перенимавшие от них попутно и точные науки, не только переносили эти познания на родину, но и должны были стремиться найти для них приложение. XIII век особенно выдается в этом отношении. Ему мы обязаны знакомством со многими важными научными открытиями, основанием первых университетов христианской Европы — в Болонье, Салерно, Падуе, Париже, Оксфорде, Кэмбридже и др. — и, наконец, даже самостоятельными работами в области естествознания. Все это вместе, а также признаки общего оживления научного интереса позволяли ожидать близкого возрождения науки.

К сожалению, следующие столетия не оправдали ожиданий, возбужденных в XIII веке. Проницательные богословы усматривают в начинающемся разделении умственных интересов между церковными и научными вопросами тяжкий урон для церкви. Уже Бернар Клервосский (1091—1153) признает всякое стремление к знанию ради знания языческим и ценит знание, лишь насколько оно служит для христианского назидания. На парижском соборе 1209 г. и на латеранском при Иннокентии III, в 1215 г., физика и математика Аристотеля подвергаются формальному запрещению на том основании, что они породили уже ереси и могли впредь породить неведомые лжеучения. Григорий IX приказал в 1231 г., чтобы книги по естествознанию, запрещенные парижским собором, не были дозволены к обращению ранее тщательного их испытания и очищения от всякой тени превратных толкований. Стремление ограничить знакомство с Аристотелем одними философскими его сочинениями, тем не менее, не удалось. Уже в 1254 г.

## 98 ХРИСТИАНСКИЙ ПЕРИОД СРЕДНЕВЕКОВОЙ ФИЗИКИ

парижский университет одобрил полное издание сочинений Аристотеля, а столетиями двумя позже никто не мог получить академической степени без удовлетворительного знания всех творений Аристотеля. Церковь примирилась с греческим мудрецом, убедившись, что для нее страшна не книжная ученость его схоластических последователей, которых можно было всегда контролировать и держать в руках, а независимое естествознание, которое шло вперед своей дорогой, не подчиняясь авторитетам и ускользая от церковного контроля.

Подобного независимого образа действия нечего было бояться от схоластики, вполне приспособленной к тому, чтобы в области естественных наук остановиться и успокоиться на том уровне, который был указан изучением Аристотеля. На схоластиках повторилось по отношению к древней учености то, что мы уже видели на арабах. Наука древних предстала перед их неподготовленными умами в таком подавляющем величии, что желание освоиться с нею должно было заглушить все другие стремления. Когда же цель эта была до известной степени достигнута, схоластики успели до того свыкнуться с вытверженной книжной мудростью, что для них стало невозможным самостоятельно находить дорогу от книги к природе. В естественнонаучных сочинениях Аристотеля они поэтому изучали не природу, а самого Аристотеля, и так как взоры их с самого начала были устремлены на него, то под конец всякое изречение мудреца приобрело для них непреложность церковного догмата. От объяснения Аристотеля к объяснению природы они сами не подвинулись ни на шаг, и всякий, уклонившийся от этого учения, становился в их глазах еретиком, столь же преступным, как и человек, отрицавший церковные догматы. Схоластика смотрела на физику как на побочное занятие, и уже по этому одному нельзя было ожидать, чтобы она подвинула ее вперед.

Когда правильный метод физического исследования успел накопить уже достаточный материал, то философия может оказать незаменимые услуги при разработке этого материала и при определении общих законов, управляющих явлениями. Мало того, она может на основании имеющихся данных наблюдения указать новые пути. Но зато без положительных фактов философия носится по воздуху как чистое умозрение. Философия, как и математика, приложима к естествознанию только в тех случаях, когда дан материал, который остается только подвергнуть формальной обработке. Неудивительно, если средневековая философия, не опиравшаяся ни на какое опытное знание, продолжала без устали пережевывать материал, доставленный ей Аристотелем и, наконец, за недостатком новой пищи, начала ставить себе самой те бессодержательные вопросы, которые кажутся нам до такой степени смешными вследствие невозможности решить их в ту или другую сторону. Схоластики желали диспутировать, но не желали наблюдать, и потому им пришлось выбирать такие задачи, на разрешение которых наблюдение не могло влиять ни в каком

## ХРИСТИАНСКИЙ ПЕРИОД СРЕДНЕВЕКОВОЙ ФИЗИКИ 99

отношении. С этой точки зрения вполне уместны споры о природе ангелов, их одежде, языке, возрасте, чинах и даже пищеварении. По несчастью, эти с виду невинные упражнения фантазии имели ту невыгоду, что они позволяли схоластике не ощущать недостатка реальных основ и, внушив ей колоссальное самомнение, дали право отрицать опыт и признавать себя компетентной в научных вопросах. Еще в начале XVII столетия некий иезуит заявил патеру Шейнеру, желавшему показать ему в зрительную трубку вновь открытые солнечные пятна: «Напрасно, сын мой, я дважды прочел всего Аристотеля и не нашел у него ничего подобного. Пятен нет. Они проистекают из недостатков твоих стекол или твоих глаз».

Хотя масса схоластиков продолжала вести диспуты без всякого содержания, но мало-помалу и в этой среде начало выявляться стремление к реальному, причем противоположность между реальным и схоластикой обнаружилась с такой яркостью, что от их сближения произошло не столько развитие, сколько разложение средневековой философии. Величайший из схоластиков, Фома Аквинат (1226—1274), *doctor angelicus*, канонизированный в 1323 г., не настаивает на доказательности всех церковных догматов. Он отличает естественное богословие от откровения и тем самым отделяет до известной степени знание от веры. Столь же знаменитый Альберт Великий, *doctor universalis*, при рассуждении о сотворении мира отвергает положение: «из ничего не возникает ничего» для богословия, но для физики считает его основным правилом. По этим уловкам можно уже видеть, что философия начала поднимать голову, а ее представители принялись снова учить вещам, не одобряемым богословием. Иоанн Бресканский в 1247 г., оправдываясь в своих «заблуждениях», замечает, что положения, признанные епископом еретическими, были высказаны им в философском, а не в теологическом смысле. Епископ, разумеется, не удовлетворился этим объяснением, и впоследствии многие ученые подверглись за философские толкования богословским карам: но наперекор последним ученые не переставали прибегать к окольным путям, чтобы таким образом открыть для философии возможно большую свободу развития. Фома Аквинат уже придает опыту большое значение, как видно из того, что он не считает онтологическое доказательство Ансельма непреложным и ставит на его место космологическое, согласно которому в бытии бога, как творца, можно убедиться, так сказать, опытным путем, из факта существования вселенной. Ошибочно было бы, впрочем, заключить из приведенного примера, что Фома Аквинат во всех случаях руководился опытом. В его главном сочинении «*Summa Theologiae*» встречается только одна глава, посвященная вопросам физики, которая вдобавок вполне согласна с аристотелевским учением. Зато он близко знаком с миром ангелов и выдает за верное, что звезды приводятся в движение не физическими, а духовными силами, по всем видимостям, — ангелами.

## 100 АЛЬБЕРТ ВЕЛИКИЙ

Последний из великих схоластиков, *ВИЛЬГЕЛЬМ ОККАМ* (1270—1347), *doctor invincibilis*, отвергает реальное существование общих понятий, признавая его лишь для отдельных предметов. Так как эти последние открываются только наблюдению и оно одно способно решить, существуют ли предметы или нет, то уже первым положением Оккама опыт признается единственной основой нашего познания; а схоластика, безоговорочно считавшая свои общие понятия чем-то реально существующим и непреложным, рушится сама собой. Впрочем, Вильгельм Оккам не довел своего учения до конца. Отдавая должную справедливость его стремлению основать философию на опыте, его отнюдь нельзя назвать опытным философом, а всего скорее упрямым казуистом, не уступавшим ни в чем завзятейшим из старых схоластиков. Ему, главным образом, принадлежит учение о двойкой истине — философской и богословской. Этой уловкой он, очевидно, пытался обеспечить за своим учением видимость подчинения церкви. Объявляя, с одной стороны, все верования недоступными доказательству, он, с другой стороны, ставил в заслугу *веру в недоказанное*. Церковь, несмотря на все обходы, угадала опасность эмпиризма, скрытого в философии Оккама. Она предала смелого новатора проклятию и уничтожила его сочинения. Покровительствуемая и поддерживаемая церковью старая схоластическая наука продолжала, таким образом, прозябать и давить человеческую мысль, пока, наконец, поразительные достижения опытных наук, окрепших в следующие века, не ниспровергли авторитета Аристотеля, а с ним вместе и господство схоластики, по крайней мере, в сфере естествознания.

Упомянутый выше *АЛЬБЕРТ ВЕЛИКИЙ* (1193—1280), собственно граф Альбрехт Большштедтский, был не только ученым богословом, но также — и притом с большим правом, чем многие из прославленных схоластиков — знаменитым физиком, химиком и математиком. Он изучил диалектику в Париже, математику и медицину в Падуе, метафизику в нескольких местах и, наконец, вступив в 1223 г. в доминиканский орден, слушал еще и богословские лекции в Болонье. С 1229 г. он сам преподавал в Кельне и Париже; затем занимал высокие церковные должности; а в старости, сложив с себя добровольно звание епископа регенсбургского, он снова занял прежнюю кафедру в Кельне, где и умер в престарелых годах. Альберт Великий знал Аристотеля в переводах в совершенстве и даже был знаком с арабскими комментариями к Аристотелю. Его химическая и механическая изобретательность до такой степени поражала современников, что приобрела ему славу колдуна и мага; в то время это значило еще не много, но впоследствии сделалось довольно опасным. Рассказывают про устроенный им автомат, который отворял дверь на стук и даже заговаривал с входящим, но, возбудив негодование одного коллеги своим человеческим подобием, был разбит им на куски. Далее, будто по случаю какого-то праздника Альберт силою волшебства устроил среди зимы сад, в котором зеленели деревья, благоухали цветы, росла свежая трава,

словом, царила весна во всей своей красе. В этом не трудно угадать преувеличенное описание пиршества, данного в теплицах монастырского сада; насчет же устройства автомата не сохранилось никаких подробностей.

Общее собрание сочинений Альберта Великого, «Opera omnia», изданное в 1651 г. в Лионе (21 том in folio), вообще интересно для истории химии и описательных естественных наук. Тем не менее, здесь нельзя найти ни одного механического или физического открытия, которое могло бы оправдать в наших глазах громкую славу Альберта. Самостоятельным исследователем он отнюдь не был: он даже хвастается своим умением излагать древние науки так, чтобы нельзя было догадаться о его личных взглядах. Главная заслуга Альберта заключается в том, что он своими работами, а еще более своей преподавательской деятельностью проложил дорогу естественным наукам в христианскую Европу и сумел возбудить к ним живой интерес

В своих сочинениях Альберт упоминает о двух изобретениях, историю которых мы сообщим здесь вкратце, хотя он и не выдает их за свои. Эти изобретения — компас и порох — принадлежат периоду, гораздо более отдаленному, но становятся известными Западу лишь в XIII веке и только в течение следующего столетия входят в общее употребление.

*Компас*, по новейшим исследованиям, был с давних пор известен китайцам. В одной рукописи 121 г. н. э. говорится, что посредством магнитной руды можно сообщить стальной игле известное направление; а в китайской естественной истории, составленной между 1111 и 1119 гг., указано даже, что игла, натертая магнитом, не указывает прямо на юг, а отклоняется приблизительно на  $15^\circ$  к востоку. В одной рукописи XI века сообщают, как о вещи давно известной, что китайцы употребляют магнитную стрелку для указания направления на море и при путешествиях на суше. Китайские императоры во время переездов через пустынные азиатские степи издавна имели магнитные стрелки в своих паланкинах. Первые известия об употреблении компаса у арабов относятся к 1242 г. Араб Байлак рассказывает, что в темные ночи сирийские мореплаватели кладут обыкновенно на воду крест из лучинок, а сверху магнит, который своими концами указывает направление. Арабы, впрочем, знали компас еще раньше, судя по одной цитате <sup>1</sup> в сочинениях Альберта Великого, которая заимствована из древней арабской книги и положительно указывает на знание свойств магнитной стрелки. Подобное же указание встречается в одном французском стихотворении Гюйо (1181), где магнитная стрелка, с ясным намеком на ее употребление моряками (marins), называется *marinette*. Из всего сказанного очевидна неосновательность притязаний итальянца Флавия Джиои или Джири из Амальфи <sup>2</sup>, которому обыкновенно приписывают изобретение компаса в 1302 г. и которому по этому случаю поставлен в Неаполе бронзовый памятник. Возможно, что Джиоя много способ-

<sup>1</sup> Angulus quidam magnetis est, cujus virtus convertendi ferrum est adzorum id est, ad Septentrionem, et hoc utuntur nautae.

<sup>2</sup> Уже Кардан (1501—1576) не признает Джиою изобретателем компаса, зная, что последний был гораздо ранее известен Альберту.

## 102 ОГНЕСТРЕЛЬНЫЙ ПОРОХ

ствовал распространению компаса, перенес стрелку с деревянной крестообразной подставки на стальной штифт и придумал для нее оправу, но точных сведений на этот счет не существует. Вместе с тем считаю необходимым отметить здесь вполне определенно, что при заимствовании компаса мы не получили одновременно с Востока сведений об отклонении стрелки от северного направления. Это последнее явление было открыто в Европе гораздо позже и совершенно независимо от китайцев. Новые наблюдения над магнитом вообще не оказали непосредственного влияния «а науку. Прошли еще столетия, прежде чем это практическое изобретение обратило на себя внимание теоретической физики,— печальный признак ее состояния в те времена.

История *пороха* еще темнее истории компаса. Если под порохом понимать простую смесь угля, серы и селитры, то оказывается, что смесь эта была известна Альберту в 1250 г. и еще гораздо раньше Марку Греку в VIII столетии. Тот и другой советуют растереть и смешивать 1 фунт серы, 2 фунта угля и 6 фунтов селитры в ступке; но очевидно, что здесь имеется в виду не огнестрельный порох в нашем смысле. Марк указывает, что если набить эту смесь длинную тонкую трубку и положить последнюю в огонь, то трубка полетит по воздуху; и, далее, что если завернуть немного этого порошка в бумагу и крепко связать, то можно воспроизвести звук, подобный грому<sup>1</sup>. Как взрывчатое средство смесь употреблялась, по мнению одних, в XII веке при горных работах, например на Раммельсберге в Гарце; но другие положительно отрицают это, уверяя, что здесь смешано пережигание, применявшееся для разрыхления камней, со взрывов посредством пороха. Что касается употребления пороха для огнестрельного оружия, то точных сведений об этом не имеется до второй половины XIV века. Имеются сведения, что в 1338 г. французский военный интендант ставит уже порох в число статей расхода; в 1360 г. в Любеке сгорает ратуша вследствие неосторожности порохового мастера. Оба эти случая касаются, может быть, взрывчатой смеси, но следующий случай не подлежит уже сомнению: в 1365 г. крепость Эйнбек отстреливалась из «громового ружья», а в 1378 г. в Аугсбурге жил литейщик огнестрельных орудий, занимавшийся своим искусством еще под покровом глубокой тайны. Если неизвестно в точности, когда именно порох начали употреблять для огнестрельного оружия, то еще менее достоверно можно указать, кто первый начал употреблять его с этой целью. Ведь

<sup>1</sup> Марка Грека относят обыкновенно к VIII веку, потому что врач Мезуа, живший в царствование Аль-Рашида, упоминает о нем в своих сочинениях. Так как, однако, не вполне доказано, что тот Марк тождественен с нашим, и так как арабская рукопись 1225 г., трактующая о приготовлении зажигательных снарядов для военных целей, не упоминает о селитре, то некоторые полагают, что арабам селитра не была известна в 1225 г. и что сочинение Марка, заимствованное из арабских источников, написано позже этой даты. Правда, подлинность сочинения Альберта «*De mirabilibus mundi*», в котором приведен рецепт Марка, находится под некоторым сомнением; но, с другой стороны, Р. Бэкон в своем «*Opus majus*» 1267 г. называет препарат Марка известным и весьма распространенным, что указывает на более раннее происхождение упомянутой книги. Во всяком случае, рискованно заключать о незнании арабами селитры в 1225 г. на основании умалчивания одной рукописи (*Korr, Beitr. z. Geschichte der Chemie, III, Anm. 148*).

## ПИСЧАЯ БУМАГА. ЖИЗНЬ РОДЖЕРА БЭКОНА 103

Бартольд Шварц — это только одно имя, а про человека, носившего его, мы не знаем ничего за исключением несчастного опыта. Есть основание предполагать, что порох, подобно компасу, был известен китайцам и индийцам задолго до XIII века и служил для устройства фейерверков и метательных снарядов. От них изобретение это перешло неизвестно когда именно к арабам, а Западная Европа познакомилась с ним уже после крестовых походов в результате сношений с арабами. Были ли также известны арабам металлические огнестрельные орудия, или же открытие последних принадлежит одним европейцам, остается невыясненным.

История *писчей бумаги* также не открывает имени ее первого изобретателя. Бумага, выделяемая из хлопка, давно известная китайцам, была в XI веке ввезена в Испанию арабами и уже оттуда проникла в Европу. Тряпичная бумага — чисто европейское изобретение, весьма распространенное в XIV веке и, вероятно, известное уже в XIII в. В венской императорской библиотеке хранится грамота императора Фридриха II от 1243 г., а в лондонском Тауэре письма Альфонса X от 1272 и 1278 гг., написанные на тряпичной бумаге.

*РОДЖЕР БЭКОН* (1214—1294), один из даровитейших, но в то же время и наиболее гонимых судьбой натуралистов, родился в Ильчестере в графстве Сомерсет. Закончив университетское образование в Оксфорде и Париже, он в 1250 г. вступил в францисканский орден в надежде получить возможность продолжать спокойно свои работы по математике, механике, оптике, астрономии и химии. Его ожидало самое жестокое разочарование. Ученые занятия и слава, которую он приобрел своими познаниями, неприятно затрагивали самолюбие других монахов, а резкие отзывы его о невежестве и безнравственности духовенства довели до озлобления. Братья по ордену превратились в неумолимых врагов, которые, между прочим, не могли простить Бэкону презрительного равнодушия к их схоластическим перебранкам. По проискам францисканских монахов его обвинили в ереси и колдовстве, лишили кафедры в Оксфорде и заключили в темницу. Папа Климент IV, расположенный к Бэкону, освободил его, но после смерти Климента начальник ордена францисканцев добился того, что мирного ученого, укрывшегося во Франции, схватили и вновь посадили в тюрьму, предав запрещению все его сочинения. Вторичное заточение продолжалось 10 лет, и когда в 1288 г. Бэкон был освобожден, он, 74-летний старик, уже, конечно, недолго мог заниматься опасными работами. Все сочинения Бэкона написаны до его второго заключения.

Бэкон — самая блестящая личность XIII века не столько по самостоятельным открытиям, сколько по методу своих исследований. Он не был схоластическим философом, пояснявшим мимоходом аристотелевскую физику, а замечательным математиком, видевшим в пренебрежении этой точнейшей из наук корень заблуждений схоластической учености. «Математика — дверь и ключ к науке», говорит он в одной из глав своего «*Opus majus*». Он занимался астрономическими наблюдениями, химическими опытами, механическими конструкциями, оставляя в стороне духовные споры. Это и заставляет выделить его из рядов схоластических натурфилософов и признать его первым истинным есте-

## 104 МЕТОД РОДЖЕРА БЭКОНА

ствоиспытателем средних веков и предшественником экспериментальных физиков. Р. Бэкона нередко сопоставляли с его еще более знаменитым соотечественником, лордом-канцлером Бэконом Веруламским. Утверждали даже, что последний в значительной степени воспользовался трудами первого и отчасти даже просто скопировал их. Сходство этих лиц в приверженности их к опытному методу и в перечислении трудностей, с которыми научному методу приходится бороться, неоспоримо. Тем не менее нельзя примкнуть к вышеупомянутому мнению, так как невозможно доказать, чтобы Бэкон Веруламский был прямо или косвенно знаком с каким-нибудь из сочинений своего предшественника.

Роджер Бэкон отстаивает экспериментальный метод с энергией, которая не может нас не удивлять, принимая во внимание, что это имело место в XIII веке: «В каждой науке необходимо следовать наилучшему методу, т. е. изучать каждую вещь в надлежащем порядке, ставить первое в самом начале, легкое перед трудным, общее перед частным и простое перед сложным. Изложение должно быть доказательным. Последнее невозможно без опыта. У нас имеется три средства познания: авторитет, мышление и опыт. Авторитет ничего не стоит, если утверждение его не может быть обосновано; авторитет не учит, он требует только согласия. При мышлении мы обыкновенно отличаем софизм от доказательства, проверяя вывод опытом». «Экспериментальная наука — царица умозрительных наук, она имеет за собой три важных преимущества. Во-первых, она испытывает и проверяет выводы других наук. Во-вторых, в понятиях, которыми пользуются другие науки, она открывает великие результаты, к которым те науки не способны придти. В-третьих, она исследует тайны природы собственными силами». Несмотря на такие заявления, Бэкон сам нередко уносился воображением за пределы опыта. В его положениях бывает иногда трудно отличить, основаны ли они на наблюдении других людей, или на его собственном, или же они составляют просто мечту его воображения. Описания его нередко неопределенны и темны, и хотя он в своей «*Epistola de secretis artis et naturae operibus atque nullitate magiaе*» восстает против магии, но сам как истинный сын своего времени не чужд астрологии и деятельно занимается алхимией, как показывают заглавия его монографий «*De lapide philosophorum, Verbum abbreviatum de leone viridi, Secretum secretorum*» и т. д., и т. д. Даже в самовосхвалении Бэкон уподобляется ученым своего времени. Он не только сообщает, что в промежуток от трех до шести месяцев обучил любознательного ученика всему, чему сам учился около 40 лет, но и утверждает, что для изучения еврейского или греческого языка достаточно трех дней.

Сочинения Бэкона были изданы очень поздно. Из сочинений, интересующих нас специально, «*Opus majus*» был издан в 1733 г. Джеббом, «*Opus minus*» и «*Opus tertium*» в 1559 г. Бремером, «*Perspectiva*» и «*Specula mathematica*» в 1614 г. марбургским профессором Комбахом. «*Opus majus*» — основная работа Бэкона. Он посвятил его в 1267 г. папе Клименту IV, чтобы оправдать себя против возведенных на него обвинений. Вместе с изложением взглядов на истинно научный метод, в сочи-



## ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ. ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА 105

нении этом (в пятой части) помещены самостоятельные работы Бэкона, имеющие наибольшее значение для физики, а именно оптические. Впрочем, все наиболее существенное по этой части можно найти уже в его трактатах «О перспективе» и «О зеркалах». Бэкон в своей оптике опирается на Птолемея и Альгазена, сочинения которых были, вероятно, доступны ему в подлиннике, так как он, по-видимому, знал греческий и арабский языки.

В учении о зеркалах Бэкон отмечает, что стеклянные зеркала покрываются свинцом. Такое приготовление зеркал должно было войти в употребление около этого времени, так как В. Бовэ в 1250 г. упоминает о том же, а до того знали только массивные металлические и простые, ничем не покрытые стеклянные зеркала. Действие зажигательных зеркал Бэкон объясняет тем, что рисует дугу круга и солнечный луч, который, отражаясь от дуги, проходит через точку, лежащую на ее оси. Если затем всю фигуру поворачивать вокруг последней, то становится ясно, что все солнечные лучи, находящиеся от оси на одинаковом расстоянии с нарисованным в плоскости лучом, должны отражаться в ту же точку на оси и здесь при своем соединении давать значительное нагревание. Этот фокус находится, по Бэкону, от зеркала на расстоянии меньшем, чем половина радиуса последнего, но, разумеется, он изменяет свое место для лучей, находящихся на различных расстояниях от оси<sup>1</sup>. Бэкон не входит в ближайшее рассмотрение того, что все же и у сферического зажигательного зеркала все фокусы должны лежать близко друг к другу и почти посередине между зеркалом и центром; он отмечает только, что всего действительнее будет то зажигательное зеркало, у которого все фокусы совпадают. Он дает и правила для приготовления подобного параболического зажигательного зеркала, причем остается неясным, пробовал ли он сам устроить подобные зеркала или заказывал другим, или же он оставил свой план без выполнения. Для параболического зажигательного зеркала он определил фокусное расстояние в  $\frac{1}{4}$  диаметра. Последующие оптики приходят тоже к этому результату, оставаясь в неведении предела, установленного Бэконом для фокусов сферического зажигательного зеркала, и продолжая полагать, что фокус такого зеркала совпадает с его центром. Солнечные лучи, падающие на зеркало, Бэкон считает параллельными вследствие отдаленности солнца; при этом он отмечает, что действие их тем сильнее, чем отвеснее они падают на плоскость.

При исследовании преломления лучей Бэкон рассматривает преломление при прохождении через сферические поверхности и отмечает, что при рассмотрении через такие поверхности зрительный угол предметов, а, следовательно, и кажущиеся размеры их могут быть увеличены. Его рисунки представляют только простые дуги, обращенные к глазу выпуклой или вогнутой стороной, и нигде мы не встречаем у него чечевиц, ограниченных двумя сферическими поверхностями. В соответствии с этим Бэкон постоянно говорит только о единичном

---

<sup>1</sup> Здесь Бэкон является вполне самостоятельным исследователем; во всяком случае, он является первым ученым, отметившим расстояние фокусов сферических зеркал.

## 106 РАЙМУНД ЛУЛЛ. ВЛИЯНИЕ Р. БЭКОНА

преломлении, не касаясь случая преломления двумя сферическими поверхностями. В этом отношении он не идет дальше Альгазена, который тоже упоминает об увеличении кажущейся величины предметов при рассматривании через плосковыпуклые чечевицы. Бэкон советует людям со слабыми глазами накладывать шаровой отрезок стекла, меньше полушара, на предмет, который хотят хорошо рассмотреть. По-видимому, ему было неизвестно, что гораздо удобнее держать чечевицу прямо перед глазом. Тем не менее, он с таким восторгом говорит об увеличении отдаленных предметов, что ему неоднократно пытались приписать изобретение зрительной трубы. Правда, Бэкону нельзя отказать в некотором предчувствии возможности подобного прибора, но как раз те положения, которыми хотят поддержать его право на изобретение, прямо доказывают, что он никогда не устраивал и не пробовал устроить зрительной трубы. Убедившись в возможности увеличения зрительных углов, Бэкон замечает: «Таким образом, увеличивая зрительный угол, мы будем в состоянии читать мельчайшие буквы с огромных расстояний и считать песчинки на земле, так как видимая величина обуславливается не расстоянием, а зрительным углом. Мальчик может казаться великаном, а взрослый горой — *et sic etiam faceremus solem et lunam et stellas descendere secundum apparentiam hic inferius, et similiter super capita inimicorum apparere*».

Доказательством того, что Бэкон любит увлекаться смелыми планами, не делая при этом ни малейших попыток к осуществлению их, служит следующее место: «Вследствие отражения, предмет может быть виден несчетное число раз: так, Плиний рассказывает, что случалось видеть одновременно несколько солнц и лун. Это происходит, впрочем, только в тех случаях, когда пары нагромождаются в воздухе подобно зеркалам и располагаются в разнообразных направлениях. Но что может совершить природа, то еще легче осуществить искусству, совершенствующему природу. Зеркала могут быть устроены и поставлены так, чтобы отражать предмет любое число раз; и тогда вместо одного человека или одного войска нашим глазам явится несколько. Можно было бы устраивать приспособления в этом роде на пользу отечеству или на страх еретикам. А если бы кто сумел уплотнить воздух так, чтобы он отражал световые лучи, то получалось бы много необычайных явлений. Ведь полагают же, что демоны показывают людям лагеря, войска и разные другие чудеса. Мало того, можно было бы посредством зеркал обнаруживать сокровеннейшие действия в отдаленных местах, городах и войсках».

Бэкон не имел заметного влияния ни на современников, ни на науку ближайших столетий. О нем даже не упоминает ни один из ученых докторов XIII или XIV вв. Богословы относились к нему враждебно за нападки на их авторитет, философы за его презрительное отношение к их диспутам, а его печальная судьба не могла располагать других идти по тому же пути. Неудивительно, стало быть, что даже его предложение исправить юлианский календарь, недостатки которого сделались уже давно очевидными, не встретило ни внимания, ни доверия.

Величайший из алхимиков *РАЙМОНД ЛУЛЛ* (1234—1315), который, по убеждению своих современников, несомненно, нашел философский

## ОПТИКА ВИТЕЛЛО. ИЗОБРЕТЕНИЕ ОЧКОВ 107

камень, стремился к коренному преобразованию науки и к ниспровержению схоластики. Он отвергал авторитет Аристотеля даже в области логики и диалектики и составил особую схему понятий, с помощью которой можно было произвести всевозможные сочетания и таким путем придти ко всякому познанию («Ars magna Lulli»). Значительное число его последователей, луллистов, показывает, что уже в XIII веке схоластика не удовлетворяла многих.

Одновременно с Бэконом занимался собиранием древних сочинений по оптике *ВИТЕЛЛО* (около 1269 г.), неизвестный в других отношениях монах, который был приведен к изучению световых явлений зрелищем радужных цветов водопада. Повторяя измерение углов преломления, он нашел, что в *одних и тех же средах углы не изменяются*, все равно, проходит ли свет из среды более плотной в менее плотную или наоборот. В теории радуги Вителло пошел дальше Аристотеля, заметив, что радуга не может образоваться от простого отражения солнечного света, так как вследствие прозрачности дождевых капель, проходящие сквозь них лучи должны также и преломляться. Книга Вителло издана Ризнером в 1572 г. одновременно с оптикой Альгазена.

XIII столетие принадлежит оптике. Хотя средние века охотно увлекались механическими фокусами Альберта Великого или Роджера Бэкона, механика не ушла ни на шаг от Аристотеля. Оптика же конца того же столетия может похвалиться одним важным открытием, именно *изобретением очков*. Математически разработанная оптика пострадала, вообще, менее других отделов физики в неблагоприятные для науки века, потому что сама математика никогда не была полностью увлечена регрессивным потоком — подобно прочим наукам. Александрийские ученые установили оптику на столь прочных математических основаниях, что вести ее вперед было сравнительно легко. Арабы, а за ними и христианские ученые продолжали поэтому заниматься ею усердно и успешно. При таких условиях естественно, что первое самостоятельное открытие было сделано христианами именно в области оптики. Соображения Альгазена об увеличении предметов посредством чечевиц, опыты Бэкона над изменением зрительных углов с помощью вогнутых и выпуклых сферических стекол должны были вскоре навести на мысль о возможности исправлять такими стеклами неправильности глазного хрусталика. Бэкон, как мы уже знаем, советовал лицам со слабым зрением класть выпуклые стекла на предметы, которые они хотели видеть ясно. Но кто именно первый, следуя этому указанию, придумал прикладывать стекла к глазу, и притом одновременно вооружить стеклами оба "глаза; кто первый устроил очки не только с выпуклыми стеклами для дальнозорких, но и с вогнутыми для близоруких — остается неизвестным. Хроника, хранящаяся в библиотеке монахов-проповедников в Пизе, повествует, что очки начал впервые делать некто, не желавший открыть своей тайны, но что монах Александр де-Спина, услышав об этом изобретении, стал готовить очки сам и охотно обучал желающих этому искусству. Этот таинственный некто, может быть, и есть действительно Сальвино Армати, которого обыкновенно считают изобретателем очков на основании надписи на могильном камне во Флоренции, где он назван *inventore degli*

## 108 ЗАСТОЙ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК В XIV СТОЛЕТИИ

oschiali. По свидетельству этого камня, Сальвино умер в 1317 г. *Согласно же словарю академии Делла Круска изобретение очков было произведено в 1285 году.*

Ни одно столетие в научном отношении не представляло столь жалкого и прискорбного зрелища, как *четырнадцатый век*. В XIII в. можно было надеяться на близкое пробуждение умов. Науки древних были перенесены на запад, университеты возникали один за другим, были сделаны крупные научные открытия, и метод опытного исследования был противопоставлен схоластическим истолковательным приемам. Несмотря, однако, на все это, в ближайшем произошло не движение вперед, а наступил полный паралич умственной деятельности. Безотрадную пустыню этого столетия не оживляет ни одно открытие, ни одна светлая личность, выдающаяся своей ученостью. Физика, астрономия, математика, химия, мало того, самая алхимия погружены в летаргический сон. Лишь схоластики невозбранно пожинаят лавры на своих диспутах о возможных и невозможных вещах; и они же под защитой и покровительством церкви объясняют строение вселенной. Церковь и схоластика были одинаково заинтересованы в установлении прочной нормы для естествознания, потому что независимая наука представляла для той и другой большую опасность. Схоластики стали вследствие этого неумоимо указывать своей могущественной союзнице на лиц, уклонявшихся от схоластических норм; церковь же в свою очередь, обнаруживала ревностную готовность искоренять всякий признак новаторства в естествознании. В 1232 г. инквизиция, входившая прежде в состав епископских обязанностей, перешла по распоряжению папы Григория IX к доминиканским монахам, а в 1252 г. было разрешено инквизиции вынуждать признание пыткой. Эти многотрудные заботы доминиканских монахов о душах не остались без последствий; они содействовали искоренению превратных философских учений и уничтожению не только новшеств, неблагоприятных церкви, но и всякого научного движения вообще. Впрочем, даже XIV век не прошел без борьбы и сопротивления со стороны угнетаемой науки. Примером может служить история Николая де-Австрикура, вынужденного в 1348 г. отречься от своего учения, в котором он, между прочим, утверждал, что в природе нет ничего кроме соединения и разъединения атомов и что для истинного познания природы необходимо оставить Аристотеля и Аверроэса и обратиться к непосредственному наблюдению.

Отголоском лучшего XIII века представляет сочинение по оптике монаха *ТЕОДОРИКА* (около 1311 г.). Он подробно и верно описывает ход светового луча через дождевую каплю для главной радуги и для радуги второго порядка. Каждый солнечный луч главной радуги преломляется вверху капли, отражается от задней ее стенки и вторично преломляется внизу капли; радуга же второго порядка происходит в результате двоякого преломления и двоякого отражения лучей; однако вследствие незнания законов преломления Теодорик не может объяснить, почему только те лучи, которые падают на места, указанные чертежом, дают в нашем глазу изображение радуги. Он призывает на помощь схоластическое предположение, что эти места особенно

## БАШЕННЫЕ ЧАСЫ 109

предназначены природой для преломления и отражения. Сочинение Теодорика <sup>1</sup> долгое время было скрыто в библиотеке монахов-проповедников в Базеле и потому осталось без всякого влияния на науку. Оно увидало свет только в 1814 г., благодаря стараниям итальянца Вентури.

Известный немецкий часовой мастер *ГЕЙНРИХ-ФОН-ВИК* устроил в 1364 г. на здании парижского парламента первые колесные часы с боем. С этого времени большинство германских городов начало обзаводиться башенными часами. Тем не менее, часы с гирями или колесные, следует считать итальянским изобретением XIII века. Утверждают даже, что они заимствованы от арабов, что уже Герберт умел их делать и что в 1232 г. Саладин подарил императору Фридриху II колесные часы, стоившие пять тысяч дукатов. В пользу введения колесных часов из Италии говорит то обстоятельство, что в Германии долгое время оставалось в употреблении итальянское подразделение часов от 1 до 24. В Бреславле такие часы были уничтожены только в 1580 г. распоряжением магистрата и заменены «половинными», которые отбивали от 1 до 12 часов и затем снова от 1 до 12 часов. Маятника у всех этих часов еще не было, и они известным образом регулировались особым прибором, устроенным в виде креста, вращающегося около вертикальной оси и приводимого в движение вперед и назад часовым механизмом. Такая регулировка не могла быть очень точной, как видно из того, что до введения часов с маятником ученые употребляли при своих работах водяные и песочные часы и нередко жаловались на отсутствие более точных приборов для измерения времени.

Первая половина XV *века* еще вполне походит на XIV. Зато во второй половине его замечается большое оживление в областях, не имеющих ничего общего со схоластикой и богословием. Схоластика далеко не успела познакомиться со всеми классическими учеными и, остановившись приблизительно на Аристотеле, даже его не знала в оригинальной форме. Схоластикам недоставало знания греческого языка. Их знакомство с греческой наукой произошло через посредство латинских переводов, которые, в свою очередь, не были сделаны с подлинников. Сочинения Аверроэса, служившие схоластикам основанием для изучения Аристотеля, были, по замечанию Льюиса, латинским переводом с еврейского перевода одного арабского комментария к арабскому же переводу с сирийского; только последний перевод был уже сделан прямо с греческого подлинника. Петрарка (1304—1374) жалуется, что в Италии не насчитывается более 10 человек, способных ценить Гомера, а Боккачио (1313—1375) с большим трудом находит кафедру греческого языка во Флоренции для Леонтия Пилата; да и то не надолго, так как греческий ученый «в философском плаще и с включенной бородой» вскоре покидает Италию, исполненный глубокого отвращения. Зато после взятия Константинополя ученые, бежавшие оттуда, очень скоро распространили знание греческого языка, а расцветающий гуманизм не только подготовил падение схоластики, на которую он взирал

---

<sup>1</sup> Оно озаглавлено: «De radialibus impressionibus»; автор называет себя в нем *frater Theodoricus, ordinis fratrum praedicatorum provinciae Teutonicae, theologiae facultatis qualitercumque professor*.

## 110 НИКОЛАЙ КУЗАНСКИЙ

с презрением, но и косвенным образом повлиял на развитие естественных наук, открыв мысли большую свободу вообще и расширив круг знакомства с греческом наукой о природе.

Ранее других естественных наук опять начала самостоятельно развиваться астрономия. Во второй половине XV века, как в древности, внимание наблюдателей обратилось, прежде всего, к звездному небу, и, в то время как средневековый ученый еще долго продолжал искать в книге объяснения земных явлений, астроном строил обсерватории, посвященные непосредственному наблюдению. XV век, по-видимому, не сознает еще различия между книжной ученостью и живой наукой, но XVI век с его великими астрономами доказывает ясно, что это различие должно привести к гибели схоластики. Для нас, немцев, вторая половина XV столетия имеет значение не только потому, что тут в первый раз встречаются имена немецких ученых в области астрономии, но и потому, что астрономы эти, по искусству, усидчивости и успешности работ заслуживают величайшего уважения. С этого времени и до начала XVII века главная роль в астрономии принадлежит Германии.

*НИКОЛАЙ КРЕБС*, так называемый де-Куза или *КУЗАН* (1401— 1464), был сыном рыбака в г. Куэзе на Мозеле. В качестве лютихского архидиакона он заявил себя энергическим противником папы на Базельском соборе, но впоследствии сделался кардиналом и епископом бриксенским. Он возродил пифагорово учение о движении земли; в сочинении «*De docta ignorantia*» он старается доказать, что всякое бытие заключается в движении и что земля уже потому не может находиться в центре вселенной, что бесконечная вселенная не может иметь центра. Его теории земного движения довольно таки темны, но из них все-таки явствует, что Кребс думал о движении земли вокруг ее оси как о некотором движении нашей планеты вместе со всей солнечной системой «вокруг вечно вращающихся мировых полюсов».

Приведем несколько извлечений из второго сочинения Кузана: «Беседы о статических опытах», для характеристики механических понятий того времени<sup>1</sup>. Механик ведет беседу с философом. Первый излагает свои положения, второй делает к ним большею частью неподходящие замечания. Весы служат для определения природы тел. Жидкости имеют неодинаковый вес; так, у здоровых и больных, молодых и стариков кровь бывает неодинаково тяжела, что важно знать врачу. Для сравнения ударов пульса у разных лиц и в различных состояниях следует выпускать воду из узкого отверстия водяных часов, считая пульс до 100, и затем взвесить вытекшие порции воды. Если насильственно погрузить в воду два куска дерева, из которых одно вдвое тяжелее другого, то большее выплывает скорее на поверхность; это происходит оттого, что в последнем больше легкости, чем в первом. Притягательную силу магнита «южно определить весами, равно как и силу алмаза, который, как уверяют, уничтожает притяжение первого. Если насыпать в горшок 100 фунтов земли и посеять в нем семян, то при росте растения земля мало потеряет в весе, так как растения пита-

<sup>1</sup> По Кестнеру, «История математики».

## ИЗОБРЕТЕНИЕ КНИГОПЕЧАТАНИЯ 111

ются по преимуществу водой. Если с высокой башни бросать вниз камни и куски дерева и в то же время выпускать из сосуда воду, то этим способом можно определить вес воздуха, задерживающего падение брошенных тел. Наполняя мехи сначала воздухом, а затем дымом, можно легко убедиться, который из двух тяжелее. Если положить на одну из чашек весов некоторое количество сухой и сжатой шерсти, а другую уравновесить гирями, то по опусканию и поднятию чашек можно судить о сухости и влажности воздуха; этим путем можно даже судить о предстоящей погоде. Стихии могут до известной степени превращаться одна в другую, например вода может превращаться в воздух или камень и т. д.

*С пробуждением научного стремления вновь выступают на сцену оба древних направления физики — философское и математическое.* Философская механика остается вполне аристотелевской; математическая же обнаруживает наклонность к движению вперед, сохраняя, однако, почти без всяких изменений метод и даже цели Архимеда. *Механику Кузана нельзя назвать ни философской, ни математической;* в ней попадаются черты той и другой, но изобилует она преимущественно фантастическими проектами, — явление весьма частое в те времена, предшествовавшие возникновению экспериментальной физики. Средневековый механик высказывает свои мысли, не имея намерения осуществлять их, не заботясь даже о том, осуществимы ли они вообще или нет. Тем не менее, подобные проекты, являясь поощрением к опытам, при всей своей фантастичности, а подчас и нелепости, приносят свою долю пользы. Они мало-помалу побуждают ученых заняться лично выполнением своих планов вместо того, чтобы отдавать их в руки практиков, и, в конце концов, приводят к признанию за опытным исследованием научной ценности наравне с философским и математическим методом. *Проектирующая физика* дает начало экспериментальной.

*Изобретение книгопечатания* (1440) наиболее плодотворное для успеха наук событие XV века. Только благодаря ему сделалось возможным то общее распространение знаний, которым мы пользуемся теперь, и только оно способно было обеспечить науку от попятных скачков, испытанных классической культурой. Споры о личности изобретателя книгопечатания, а также о времени этого изобретения поддерживаются тем, что в самом изобретении можно различить три периода: во-первых, печатание цельными деревянными досками с вырезанными буквами; во-вторых, печатание отдельными буквами, вырезанными из дерева, свинца или олова, и, в-третьих, печатание литыми буквами. Печатание досками было известно в Китае 2000 лет назад; в 1440 г. житель Гарлема Костер напечатал таким образом «Зеркало человеческого спасения». Первые отпечатки Гутенберга (1401—1468) принадлежат к тому же периоду. Его первая большая книга, напечатанная отдельными вырезанными буквами, известная Майнцская библия, на которой год не обозначен, должна быть отнесена к 1455—1465 гг. Зять Фуста, Петр Шеффер, первый напечатал литыми буквами псалтирь в 1459 г. По самому существу дела, великие благодеяния книгопечатания должны были давать знать о себе медленно и постепенно; тем

## 112 НЕМЕЦКИЕ АСТРОНОМЫ

не менее из перечня, помещенного у Дрэпера<sup>1</sup>, видно, что за время от 1470 до 1500 г. было напечатано более 10 000 изданий книг и памфлетов; именно, в Венеции 2885, в Милане 625, в Болонье 298, в Риме 925, в Париже 751, в Кельне 530, в Нюрнберге 382, в Лейпциге 351, в Страсбурге 526, в Аугсбурге 256, в Майнце 134, в Лондоне 130, и т. д.

Родоначальником знаменитых немецких астрономов был *ГЕОРГ ПЕУРБАХ* (Peurbach) (1432—1461), уроженец маленького верхнеавстрийского городка. Он слушал в венском университете (основанном в 1365 г.), под руководством способного астронома Иоганна Гмунденского, астрономию и математику и после долгих путешествий, предпринятых с образовательной целью, сделался преемником своего учителя. Пеурбах был превосходным наблюдателем; он занимался преимущественно проверкой данных древних астрономов и исправил во многих отношениях прежние переводы «Альмагеста», сделанные не астрономами. Вследствие незнания арабского и греческого языка эти исправления, однако, не могли быть так полны, как того желал трудившийся над ними ученый. Поэтому, когда кардинал Бессарион, который раньше поручил перевести «Альмагест» на латинский язык некоему Георгию Трапезундскому, оставшись недовольным этим переводом, предложил Пеурбаху ехать в Италию для изучения греческого языка; предложение это было им принято с радостью. Осуществлению этого плана помешала смерть, сразившая Пеурбаха, уже готового к отъезду.

Наиболее выдающимся учеником его был Иоганн Мюллер, называемый обыкновенно *РЕГИОМОНТАНОМ* (1436—1476) по городу, где он родился (Кенигсбергу во Франконии). Мюллер поступил к Пеурбаху на пятнадцатом году своей жизни, с намерением посвятить себя астрономии, и после смерти учителя занялся осуществлением задачи, которую тому не довелось выполнить. Он отправился с кардиналом Бессарионом в Италию, изучил греческий язык и перевел на латинский язык не только «Альмагест», но и много физических сочинений. Важнейшее из этих сочинений «Pneumatica» Герона, трактаты о музыке и оптике Птолемея и механические проблемы Аристотеля. Перевод сочинения Архимеда (принадлежащий Герхарту Кремонскому) был тоже исправлен им. В 1471 г. Региомонтан поселился в Нюрнберге, где в богатом аристократе Вальтере он нашел не только щедрого покровителя наук, но и способного и прилежного ученика. Устроенная ими обсерватория была первой в христианской Европе. Наблюдения, произведенные здесь, приобрели Региомонтану такую славу, что папа Сикст IV призвал его в Рим для предположенного им исправления календаря и даже сделал его регенсбургским епископом. В Риме ему не пришлось долго пожить. Он умер (1476 г.), по мнению одних, от чумы, по мнению других, он был отравлен сыновьями упомянутого выше Георгия Трапезундского, перевода которых не одобрил. Работа по улучшению календаря осталась не выполненной еще в течение 100 с лишним лет.

Даровитый ученик Региомонтана, Бернгард Вальтер (1430—1504), продолжал производить наблюдения на Нюрнбергской обсерватории до конца жизни. Его сочинения, как и сочинения Региомонтана, были

<sup>1</sup> «История умственного развития в Европе».



## ОТКРЫТИЕ АМЕРИКИ 113

заброшены невежественным душеприказчиком, а драгоценные астрономические инструменты, вновь изобретенные или значительно усовершенствованные, были проданы в лом, как старая медь.

Пеурбах, Региомонтан и Вальтер — последние выдающиеся астрономы, умершие с твердою верою в Птолемя, и последние блестящие представители птолемеевой системы. Благодаря им, она сделалась известной Западу в первоначальном, неискаженном виде; но, с другой стороны, они же своими точными и многочисленными наблюдениями подготовили ее падение. Легко вообразить, что люди, не жалевшие труда на достижение источника, не желали мутить его и были склонны скорее исправлять, чем опровергать своего учителя. Зато другие вывели из их работ заключения, к которым они сами не решались придти. Коперник был современником и даже прямым учеником Пеурбаха, но имел перед ним и Региомонтаном преимущество долгой жизни, в течение которой его смелые мысли успели окончательно созреть.

*Прежде, однако, чем великая астрономическая революция успела сдвинуть с места земной шар, старое учение испытало неожиданное потрясение от важного переворота на самой земле.* Большинство в это время все еще продолжало представлять себе землю в виде плоского диска, на краях которого вода, воздух и облака смешивались в непроницаемую кашу. Из пяти земных поясов населенным считался только умеренный; под тропиками всякую жизнь должен был прекращать жар, у полюсов — холод. Несбыточность учения об антиподах была доказана отцом церкви, и тот, кто вместе с Аристотелем верил в шаровидность земли, остерегался высказывать свои убеждения слишком громогласно<sup>1</sup>. Когда Колумб после 18 лет напрасных исканий и вымаливаний поддержки для своего великого предприятия, явился, наконец, к испанскому двору, его отправили в саламанкский совет, а этот не замедлил основательно ниспровергнуть все его доводы цитатами из библии и святых отцов. Уверяют, будто совет даже предостерегал его не плыть слишком далеко на запад, так как в случае правильности его предположений шаровидность земли может воздвигнуть перед ним на обратном пути такую гору, на которую ему, пожалуй, не удастся взобраться. То обстоятельство, что Колумб, невзирая на все препятствия, добился внимания испанской королевы Изабеллы и действительно открыл новую часть света, прорвало в одном месте кольцо, которым схоластика и церковь окружили науку, а после этого нарушения целостности все кольцо вскоре начало распадаться. Если смелый мореплаватель мог одерживать на неведомых морях славные, никому не снившиеся победы, почему же естествознание осуждено было вечно грести в мелких водах схоластического аристотелизма? Положим, большинству было еще привольно в тесном пруде, и оно охотно продолжало в течение XVI века и части XVII препираться о «*Quaestiones mechanicae*», но уже многие более одаренные все яснее и яснее сознавали позор оков для науки и, ожесточенные гнетом, рвались в бой.

<sup>1</sup> Виргилий, епископ Зальцбургский, два раза вступал в пререкание с Бонифацием. Первый раз спор имел богословский характер, и папа высказался против Бонифация. Когда же Бонифаций заявил, что Виргилий верит в существование антиподов, папа потребовал его в Рим к суду.

## 114 СКЛОНЕНИЕ МАГНИТНОЙ СТРЕЛКИ

Путешествие Колумба (1492 г.) имело один важный результат для физики, именно для учения о магнетизме. Компас вошел уже в общее употребление у моряков, но в это время, столь чуждое всяким научным интересам, никто не позаботился ни об исследовании таинственной силы, направляющей магнитную стрелку, ни даже о точном изучении ее направления. Возможно, что при недостатке кругового деления под магнитной стрелкой вовсе не замечали ее отклонения от северного направления или объясняли его несовершенством устройства магнитной стрелки, как это не раз делали впоследствии. Так или иначе, до Колумба было известно только восточное склонение, наблюдавшееся в прибрежьях Средиземного моря. И вдруг Колумб к великому своему удивлению заметил вечером 13 сентября (в то время как он производил астрономическое определение на расстоянии 200 морских миль к западу от о. Ферро), что магнитная стрелка отклонилась на запад, притом на целых  $5^\circ$ , и что это отклонение постоянно увеличивалось по мере удаления на запад. Этим открытием было не только установлено склонение магнитной стрелки вообще, но и различие его для различных мест земного шара. С этих пор число наблюдений над направлением стрелки постепенно увеличивается, а вместе с тем начинаются и опыты для объяснения этих загадочных явлений.

### 3. Переходный период средневековой физики

(От 1500 до 1600 г. н. э.)

Свойства переходной эпохи проявляются в XVI веке *таким множеством противоположностей*, что общая характеристика ее весьма затруднительна. Со всех сторон пробиваются к свету новые теории, везде ставятся новые цели, везде старое упорно восстает против нового, подкапывающегося под его существование; а так как старое и новое не в состоянии совершенно уничтожить друг друга, то они продолжают существовать рядом. *Мы находим всюду начатки и борьбу противоположных мнений. Покоя нет на протяжении всего этого столетия, и лишь следующий, XVII век приносит решение, и выяснение большей части вопросов.*

Гуманизм, который стремится к подлинным памятникам древней культуры, оставляя в стороне схоластически обработанного Аристотеля, распространяется из Италии на север и в лице своих представителей, например Эразма (1466—1536), ведет борьбу со схоластикой, как в серьезном, так и в насмешливом тоне. Людовик Вивес (1537) прямо противопоставляет схоластике опытную науку, утверждая, что поступить в истинном духе Аристотеля это значит идти дальше него и обращаться непосредственно к природе, по примеру древних. Природа познается не слепым преданием и не хитроумными гипотезами, а наблюдением и опытом. Однако наперекор всему схоластика продолжает держаться, и некоторые университеты служат ей особенно надежными оплотами. В последних годах XVI столетия падуанский профессор Кремонини получает за лекции об естественнонаучных сочинениях Аристотеля 2000 гульденов в год, тогда как Галилей, уже изгнанный аристотелианцами из Пизы, читает лекции математики в том же университете за самое скудное вознаграждение.

*Коперник посвящает труд целой жизни тому, чтобы снять землю с подпорок, но она продолжает сидеть крепко, по крайней мере, в умах его современников. И только в следующем столетии, когда Тихо наносит своей системой решительный удар птолемеевскому учению, когда Галилей раскрывает глубины небосвода телескопом, когда Кеплер с достоверностью опыта предписывает планетам законы движения, когда, наконец, прославленный философ Декарт заставляет светила носиться в мощных вихрях, — не ранее всего этого постепенно прекращает отчаянную борьбу против нового учения консервативнейшая защитница старого — католическая церковь, но, конечно, как всегда, молча, не заключая яв-*

## 116 ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД СРЕДНЕВЕКОВОЙ ФИЗИКИ

ного мира. *Разносторонний гений Леонардо да-Винчи выводит, наконец, и механику из ее продолжительного летаргического сна; но его работы остаются в неизвестности и без влияния. Замечательные математики Кардан, Убальди, Бенедетти работают в области механики*, но, не располагая данными физического опыта, они не могут встать на настоящую почву. Поэтому учение о свободном «падении тел, а вместе с тем и учение о движении и его причине — силе — продолжают оставаться темными. Статика делает еще некоторые успехи, исходя из архимедовых данных, но динамика остается всецело в руках аристотелианцев. Распространение компаса ведет к новым наблюдениям над магнитной силой, однако только в начале следующего столетия Джильберт дает теорию земного магнетизма, а с нею вместе кладет основание для дальнейшего развития учения о магнетизме. Одновременно вновь привлекает к себе внимание учение об электричестве.

Оптика, как всегда, находит деятельных работников и по-прежнему делает успехи; но исследования в этой области сохраняют прежний чисто математический характер. Ход прямолинейных световых лучей при зеркальном отражении и преломлении продолжает быть предметом изучения; но о настоящих физических исследованиях природы света нет еще и помину. Учение об ощущении цветов остается на прежней точке. Большое оживление замечается в практической области. Изобретаются оптические инструменты, основанные на действии чечевиц, например камера-обскура; изобретение же других, как, например, зрительной трубы, носится уже в воздухе. Все чаще и чаще приходится слышать об увеличении посредством выпуклых стекол; смелые оптики придумывают уже сочетание чечевиц, приближающее к глазу отдаленные предметы или сильно увеличивающие близкие. Плоды этих трудов будет пожинать только наступающее столетие, несмотря на то, что изобретение микроскопа следует отнести к концу XVI в.

Акустика и учение о теплоте остаются почти незатронутыми новыми веяниями. В отношении к учению о теплоте это, впрочем, неудивительно, так как и в древности, этот отдел физики был в загоне, а, следовательно, не существовало исходных точек для исследования в этой области. Теплота считалась стихией, к которой было трудно подступиться, особенно за неимением прибора для измерения теплоты. Последний был сконструирован лишь в XVII в. после многих неудачных попыток. Застой в акустике более удивителен, так как древность дала много указаний для ее разработки, и музыка достигла уже блестящих результатов на практике: Гвидо из Ареццо (умер в 1050 г.) изобрел систему линий для обозначения высот тонов и самые тоны обозначил наименованиями *ut, re, mi, fa, sol, la*, к которым было впоследствии присоединено *si*. Жан де-Мер (1310 — 1360) стал употреблять в нотах головки для обозначения их продолжительности. Франк Кельнский (XIII столетие) разработал контрапункт, а голландцы довели до значительного совершенства строгую многоголосую

## ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ 117

композицию. В XVI в. итальянцы превзошли голландцев, и церковная итальянская музыка в лице Палестрины достигла высшего развития. Нужно, впрочем, заметить, что богатство и сложность явлений составляли здесь своего рода препятствие для их физической разработки. Без аналитического опыта, без умения распутывать сложность явлений систематическим наблюдением нельзя было ни установить индуктивно законов, ни дойти до ясных оснований для математической дедукции. Только Галилей, основатель новейшей физики, принялся в XVII в. снова и за акустические исследования.

*XVII век особенно ясно указывает зависимость новой физики от древней.* Пока остается известен один Аристотель, до тех пор и физика остается чисто философской дисциплиной. По мере же распространения греческого языка и знакомства со всей греческой наукой начинает преобладать математическое направление. Притом физика христианской Европы обнаруживает связь с прошлым непосредственнее других ветвей естествознания. Философия, математика, медицина и т. д. подвергались предварительной разработке в руках арабов. Физика же оживает только после знакомства средневековой Европы с греческими подлинниками и долго продолжает развиваться именно там, где это знакомство может быть всего легче осуществлено, т. е. в Италии. На север от Альп свобода мысли и слова завоевывает себе в это время посредством реформации право на существование, по крайней мере, в религиозных вопросах. Католическая церковь в Италии, разумеется, тем энергичнее отстаивает право опеки над знанием. Но в отношении физики ее усилия не приносят ожидаемых плодов. Если на севере религиозная борьба отвлекает силы, которые могли бы служить науке, то в Италии, наперекор гнету, физика поднимается на небывалую высоту. *XVI век оказывается подготовительным периодом для ее полного расцвета в XVII в.; как этот подготовительный, так и последующий начальный период блестящего расцвета составляют исключительное и неотъемлемое достояние итальянцев.*

Подобно Роджеру Бекону в XIII в., знаменитый художник **ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ** (1452—1519) в конце XV и начале XVI веков далеко опередил своих современников,— настолько далеко, что последние даже не в состоянии были пользоваться его трудами. Леонардо родился в 1452 г. в Винчи, близ Флоренции, и уже в 1480 г. писал в Милане для доминиканской церкви св. Марии свою знаменитую «Тайную вечерю». В 1502 г. он отправился путешествовать по Италии для обозрения крепостей по поручению Валентина Борджии; в 1507 г. он был занят сооружением картезианского канала близ Милана; в 1509 г. он руководил постройкой канала св. Христофора. В 1511 г. Леонардо да Винчи проявил большую деятельность при вступлении в Милан Людовика XII, а в 1515 г. при вступлении туда Франциска I. В следующем году он в качестве придворного живописца отправился с королем во Францию и умер здесь в 1519 г. Его научные познания отличаются такой же разносторонностью, как и его практическая деятельность, и

## 118 ПРОГРЕСС МЕХАНИКИ. ПЕРЕВОДЫ

касаются не только теории искусств, но и математики, астрономии и описательных естественных наук. При всем том Леонардо не был обыкновенным полигистором (всезнайкой), относящимся пассивно к воспринятому; напротив, он обнаружил, особенно к физике, такой мощный и обширный ум, что опередил свое время более чем на целое столетие.

Леонардо основательно изучил древних и вынес убеждение, что одно философское направление неспособно двинуть физику вперед, тогда как приложение математики ведет к плодотворным результатам. «Механика — истинный рай математических наук», говорит он: «потому что при ее посредстве можно вкушать от плодов математического познания». Но вместе с тем для его светлого ума вполне ясно, что, прежде чем приложение математики сделается вообще возможным, наблюдение должно накопить достаточный запас фактических данных, и он особенно настаивает на необходимости наблюдения и систематического опыта для познания частных явлений, от которых последующими степенями можно подняться к общим законам.

Следуя такому приему, Леонардо устанавливает, что тело падает по наклонной плоскости тем медленнее, чем длиннее ее больше высоты; а затем, правда, без доказательства, высказывает замечательное положение, что тело падает по дуге скорее, чем по соответствующей ей хорде. Его представление о свободном падении тел тоже гораздо рациональнее общепринятых в то время, так как относительно нарастания скорости падения он находит, что ускорение это происходит в арифметической прогрессии. Задачу косоугольного рычага Леонардо разрешает, заменив его теоретическим рычагом, плечи которого перпендикулярны к направлениям силы. Далее, мы находим у него знание явлений волосности, камеры-обскуры в ее простейшей форме, а также того факта, что глаз представляет подобную камеру; знание веса воздуха, стоячих водяных волн, трения и т. д. Если, несмотря на такие заслуги, мы не решаемся признать в Леонардо основателя новейшей физики или, по крайней мере, новейшей механики, то это, с одной стороны, происходит вследствие разбросанности его деятельности, исключавшей полное систематическое развитие, с другой, — вследствие неспособности его современников воспринимать эти новые мысли и способствовать их дальнейшей разработке. Физические работы Леонардо сохранились в виде разрозненных листков, собранных по преимуществу в парижской библиотеке. Вентури, открывший оптику Теодорика, первый сообщил и об этих работах Леонардо да Винчи<sup>1</sup>.

Переводами с греческого отличается в это время *КОММАНДИНО* (1509—1575), врач и математик герцога урбинского. Он переводит сочинения Архимеда, Птолемея, Аполлония, Паппа, Герона, Евклида и Аристарха. Увлеченный Архимедом, он пишет и самостоятельный трактат о центре тяжести тел. XVI век можно вообще назвать веком переводов. В числе работавших на этом поприще выдаются Мавролик, Тарталья, Дюгамель, Ксиландр, Венаторий и др.

<sup>1</sup> *Venturi, Essai sur les ouvrages phisico-mathematiques de Leonard de Vinci, Paris. 1797.*

## ТЕОРИЯ ПЛАНЕТ. ЖИЗНЬ КОПЕРНИКА 119

Французский врач *Ж. ФЕРНЕЛЬ* (1528) в своей «Cosmotheoria» описывает градусное измерение, произведенное им в 1525 г. Определив высоту полюса в Париже, он направился к северу и продолжал свой путь, пока высота не уменьшилась на 1°. С этого места он возможно прямым путем вернулся обратно в экипаже, к колесам которого был приделан измерительный прибор. Несмотря на произвольную поправку на кривизну пути, Фернель случайно пришел к довольно верному результату, именно он нашел градус равным 57 070 туаз, что дает для окружности земли 5396 миль. Измерение это представляет интерес только потому, что здесь в первый раз была употреблена точно известная нам единица меры.

*ИЕРОНИМ ФРАКАСТОРИЙ* (1538), врач, философ и поэт, живший в Вероне, высказывается против эпициклической теории планетных движений в своем сочинении «*Homocentricorum seu de stellis liber unus*». Изложение его было темно и никого не убедило; тем не менее, книга эта служит интересным доказательством возрастающего недовольства птолемеевой системой.

Немного лет спустя вышла в свет работа Коперника: *Micolai Copernici, de revolutionibus orbium Coelestium, libri sex*.

*НИКОЛАЙ КОПЕРНИК* родился 19 февраля (старого стиля) 1473 г. в Торне. Отец его умер рано, и воспитание мальчика взял на себя его дядя со стороны матери, Лука фон-Вацельроде, епископ эрмиландский. С 1490 г. Коперник четыре года изучал медицину и математику в Кракове и затем после краткого пребывания на родине отправился через Вену, где слушал Пеурбаха и Региомонтана, в Болонью (1496) к известному астроному Д. М. Новарре, который поощрял его посвятить себя астрономии. В 1500 г. Коперник читал лекции математики в Риме. Тремя годами ранее стараниями дяди он получил место в капитуле Фрауэнбургского собора, что дало ему средства свободно продолжать ученые занятия. В 1501 г. мы видим его в Фрауэнбурге, но только для того, чтобы выхлопотать себе дальнейший отпуск, который и был продлен до 1505 г. С этого времени Коперник остается на родине. В капитуле он, по-видимому, пользовался большим уважением, потому что несколько раз являлся его представителем на прусских ландтагах, где преимущественно обращал внимание на монетный вопрос, находившийся в весьма жалком состоянии. Рассказ об его участии в устройстве водопровода в Фрауэнбурге, по-видимому, вымышлен.

За исключением лет, посвященных научному образованию, Коперник провел всю свою жизнь на родине в уединении и ученых занятиях. Он жил слишком уединенно и неизвестно для тех, которые, подобно нам, желали бы бросить взгляд на ход развития его открытий. Бессмертное творение об обращении небесных тел было начато за 36 лет до его обнародования, следовательно, в 1507 г., но Коперник держал его в глубокой тайне до полного окончания и только в 1530 г. сообщил о нем ближайшим друзьям. Он, очевидно, предчувствовал, какую бурю вызовут его опровержения старой системы, потому что говорит: «Хотя я знаю, что мысли философа не зависят от мнения толпы, что его цель искать прежде всего, истину, на сколько бог открыл ее человеческому разуму, но тем не менее при мысли, что моя

## 120 СИСТЕМА МИРА КОПЕРНИКА

теория может многим показаться нелепой, я долго колебался, не лучше ли отложить обнародование моего труда и подобно Пифагору ограничиться одной устной передачей его сущности своим друзьям».

Друзьям удалось, по счастью, уговорить его обнародовать свое сочинение. Особенно деятельное участие принимал в этом виттенбергский профессор Ретик. Благодаря его старанию оно вышло в свет в 1543 г. в Нюрнберге, причем Ретик еще в 1540 г. предпослал ему трактат «De libris revolutionum Copernici narratio prima». Шонер, нюрнбергский профессор математики, взял на себя просмотр корректур, а Осиандер, известный лютеранский богослов, написал анонимное предисловие, которое в соответствии со своим заглавием: «О гипотезах предлагаемого труда», выставляет новую систему простой гипотезой, от которой никто не в праве требовать истинности или даже правдоподобия. В собственном предисловии Коперника, появившемся впервые в издании 1854 г., мы, однако, не находим ничего похожего на такое отношение к вопросу, как видно из следующих слов: «Если найдутся вздорные болтуны, которые, не имея понятия о математике и руководствуясь умышленно и хитро искаженными текстами писания, станут порицать меня и нападать на мой труд, то я намерен не обращать на них внимания и совершенно пренебречь их ни на чем не основанными доводами». Коперник умер 24 мая 1543 г. Ему принесли первые экземпляры его сочинения, когда он был уже тяжело болен. Таким образом ему не довелось ни видеть равнодушия, с которым образованный мир отнесся вначале к его труду, ни испытать гонений, которым церковь подвергла впоследствии его учение.

К ниспровержению прежней системы мира Коперника привели, по-видимому, как астрономические, так и физические соображения. Первые основывались на страшной сложности геоцентрической системы и на той простоте, с которой планетные движения могут быть объяснены гелиоцентрической теорией. Примером может служить луна, для которой, при обращении вокруг солнца совместно с землей, эпициклический путь получается самым естественным образом, тогда как при теории, заставляющей ее, подобно другим планетам, обращаться только вокруг земли, он не может быть удовлетворительно объяснен. Физические соображения заключались преимущественно в невероятности той быстроты, с которой старая система заставляла отдаленнейшие планеты описывать свои круги в 24 часа. Вследствие этого Коперник заменил суточное вращение небесного свода вращением земли вокруг его оси; движение солнца по эклиптике — обращением земли вокруг солнца и вместе с тем заставил и все остальные планеты обращаться вокруг солнца, как центрального светила.

Первые два движения были уже известны пифагорейцам и Аристарху, и Коперник упоминает об их учении, но третье движение представляет совершенно самостоятельный вывод системы Коперника, и оно-то именно объясняет с замечательной простотой сложное движение луны и замысловатые пути верхних планет.

Коперник, с его ясным и смелым умом, вполне сознавал внутреннюю истинность своей системы, как видно из его слов: «Хотя все сказанное многим может показаться слишком сложным и даже непо-



## НЕДОСТАТКИ СИСТЕМЫ КОПЕРНИКА 121

нятным и, действительно, идет прямо вразрез с взглядами огромного большинства, мы с божьей помощью постараемся при дальнейшем изложении сделать все это яснее солнца, по крайней мере, для тех, кто не совсем чужд математических познаний». Тем не менее, новая система заключала в себе еще значительные астрономические погрешности, да и с точки зрения тогдашней физики она открывала возможность для возражений, которые трудно было опровергнуть. Астрономические недочеты были устранены ранее других. Коперник понимал, что земная ось при движении вокруг солнца должна постоянно оставаться параллельной себе, для того чтобы смена времен года была вообще объяснима. Но, не зная еще механического закона инерции и находясь под влиянием аристотелевского учения об естественных и насильственных движениях, он предполагал, что земная ось, предоставленная самой себе при движении земли, должна сохранять постоянным наклонение к оси эклиптики и, следовательно, описывать вокруг последней коническую поверхность и потому приписал земле сверхвращения вокруг своей оси и вокруг солнца еще третье движение, поддерживающее параллельность земной оси при всех положениях. Преемники Коперника очень скоро заметили его ошибку и отбросили это третье движение. Труднее было устранить другую астрономическую погрешность. Именно, Коперник, приняв эксцентрические круги птолемеевой системы без изменения, учил, что планеты описывают вокруг солнца круговые пути. Тихо де-Браге, при точности своих наблюдений, легко заметил, что круговые пути не соответствуют истинному положению вещей, но был не в силах разрешить этого вопроса. Только Кеплер после долгих утомительных попыток нашел, что планетные орбиты имеют форму эллипсов, весьма близких к кругу.

При всем том причиной неуспеха системы Коперника были вначале не столько астрономические недочеты, сколько ее кажущаяся физическая несостоятельность. Последняя вытекала из аристотелевского учения о движении и была уже указана Птолемеем при опровержении пифагорова учения. Интересно проследить, как Коперник, находившийся согласно с условиями своего времени всецело под влиянием аристотелевской физики, защищает против такого рода возражений. Аристотель учил, что, за исключением равномерного кругового движения светил и отвесных движений вверх и вниз тяжелых и легких земных тел, все прочие движения насильственны и должны прекращаться сами собой; и, далее, что круговое движение, как совершеннейшее, присуще одним небесным телам. Коперник признает все это, но только отвергает различие между небесными телами и землей. Круговое движение, свойственное всем небесным телам, должно быть присуще и земле. Прямолинейное движение происходит только, когда тела насильственно выводятся из своего положения, и в этих случаях они постоянно стремятся к соединению с однородными: земные тяжелые тела — с землей, легкие пары — с воздухом. Нельзя не видеть смутного предчувствия законов тяготения, правда, в форме стремления однородных предметов к соединению, в следующих словах Коперника: «Мне кажется, что тяжесть есть не что иное, как естественное стремление, сообщенное божественным промыслом всем мировым телам,

## 122 НЕДОСТАТКИ СИСТЕМЫ КОПЕРНИКА

сливаться в единое и цельное, принимая форму шара. Это стремление к соединению присуще, может быть, и солнцу, луне и другим подвижным светилам и составляет вероятную причину их шаровидности». Коперник этим стремлением объясняет сплоченность земли и других светил, но о существовании подобного же стремления между различными мировыми телами он не упоминает и вообще не призывает на помощь никакой силы для объяснения движения планет вокруг солнца, а как истинный последователь Аристотеля просто называет эти движения естественными. Хотя его доводы не объясняют движения небесных тел, но они устраняют одну из основ птолемеевой системы. Только земные однородные тела стремятся к центру земли; последнему, следовательно, нет никакой причины покоиться в центре вселенной, куда, согласно с прежними воззрениями, стремятся все тела вообще. Напротив, все земные тела естественно следуют за землей в свойственном им наравне с нею круговом движении. Отсюда ни свободно падающие тела, ни облака не могут оставаться позади земли при ее движении, как утверждал Птолемей. Вопрос, почему земная ось, несмотря на ее движение вокруг солнца, остается неизменно обращенной к одной и той же точке неба, — вопрос, который будет много раз предлагаем и впоследствии, — Коперник старается разрешить указанием на ничтожность размеров земного пути сравнительно с громадным расстоянием неподвижных звезд. При таких условиях изменения в положении земной оси по отношению к звездному небу должны оставаться незаметными. Наконец, против доводов об очевидности движения небосвода вокруг земли он замечает, что при удалении корабля из гавани находящиеся на нем люди тоже не чувствуют собственного движения и могут подумать, что берег и города удаляются от корабля, стоящего на месте.

Недостатки, присущие отчасти самой системе Коперника, отчасти же его системе доказательств, послужили для некоторых поводом к сомнению в умственном величии Коперника, но, конечно, совершенно напрасно. Именно то обстоятельство, что Коперник, наперекор этим недочетам, в которых следует обвинять не его самого, а его время, был так непоколебимо убежден во внутренней истинности своей системы и с такою уверенностью определил движение земли, служит вернейшим доказательством его умственного величия, его гения. Он не получил в наследство от прошлых поколений идеи, созревшей до такой степени, чтобы ему пришлось только подыскать выражение для этого общего предчувствия. Известные до него теории движения земли были непонятными, ни на чем не основанными, никем не признанными гипотезами. Коперник одним взором гения сумел провидеть новую истину сквозь все затемнявшие ее преграды. Но по той же причине нельзя удивляться, что новая система вначале не обратила на себя должного внимания и что прошло сто лет, прежде чем человечество успело привыкнуть к мысли о движении земли. До работ Тихо де-Браге Коперник находил приверженцев в одной Германии, да и то в весьма ограниченном числе. Кроме упомянутого выше Ретика, следует еще назвать Эразма Рейнгольда (1511—1553), который уже в 1551 г. написал свои звездные таблицы (*Tabulae prutenicae*) в двоя-

## ДИНАМИКА ТАРТАЛЬИ 123

ком вычисления: по системам Птолемея и Коперника, а в предисловии категорически заявил: «Мы обязаны Копернику глубокой благодарностью за его многотрудные наблюдения и, в особенности за восстановление истинного учения о движении небесных тел». Х. Ротман, производивший наблюдения в 1577 г. на обсерватории, основанной ландграфом гессенским Вильгельмом IV (1561 г.), был тоже открытым последователем Коперника.

Знаменитый итальянский математик *НИКОЛАЙ ТАРТАЛЬЯ* (1501— 1559) положил начало разработке вопросов динамики своим сочинением «*Nuova scienza*» (1537 г). Он исследует в нем путь брошенного тела и находит его кривым от начала до конца, тогда как прежде аристотелевцы принимали, что брошенный снаряд летит сначала горизонтально, вследствие сообщенного ему насильственного движения, затем последнее переходит в смешанное круговое движение и, наконец, когда сообщенное насильственное движение угаснет, снаряд падает отвесно вниз. Тарталья видит ясно, что так называемые естественные движения должны с самого начала смешиваться с насильственными, но, тем не менее, не решается сразу выступить против господствующего мнения и допускает, что в начале и конце путь весьма мало уклоняется от прямолинейного. Так или иначе, его мысль о непосредственном смешении движений принесла положительный результат. Именно, он заметил, что пуля, пущенная из ружья в горизонтальном направлении, тотчас же опускается ниже горизонтальной линии и, следовательно, имеет дальность полета, равную нулю. Он отсюда пришел к выводу, что дальность полета всего больше, когда пуля выпущена под углом в  $45^\circ$ , — выводу, который случайно оказался вполне верным. Исследования Тартальи показывают, до какой степени темны были в это время представления о сложении движений и о форме линии полета. Его здравый взгляд на предмет может быть вполне оценен, если припомнить, что еще в 1561 г. некий Зантбек утверждал, будто пуля, выпущенная из ружья, летит по прямой линии до тех пор, пока сообщенное ей насильственное движение не угаснет, а затем уже мгновенно изменяет свое направление на отвесное книзу.

Тарталья происходил из бедной семьи и всю свою жизнь, невзирая на знакомства с влиятельными лицами, не поправил своего состояния. Первоначального образования он не мог получить и выучился читать лишь на четырнадцатом году. Блестящие природные дарования дали, однако, себя знать с такой быстротой, что на тридцатом году он самостоятельно нашел решение уравнений 3-й степени, для которого Феррари оставил одни намеки. По неосторожности он, правда, только в общих чертах, сообщил о своем открытии Кардану, тоже замечательному математику, и этот, доведя решение задачи до конца, обнародовал его под своим именем. Тарталья пытался было восстановить свои права и вступил с Карданом в математическое состязание, в котором он одержал верх; кроме того, он предложил ему большой диспут в Милане, в котором надеялся окончательно низложить своего противника. Однако многочисленные слушатели Кардана, явившиеся на диспут без своего профессора, заставили Тарталью покинуть город, и, таким образом, в конце концов, его открытие все-таки осталось за Карданом.

## 124 ИЕРОНИМ КАРДАН

*ИЕРОНИМ КАРДАН* (1501—1576) был многосторонним ученым; он занимался математикой, физикой, естественными науками, философией, медициной и во всех отраслях оставил более или менее выдающиеся работы. При необыкновенных дарованиях, он отличался такими странностями, что даже друзья могли объяснить их только временным помешательством. Либри в своей «Истории наук» замечает: «Если бы Кардан не сам описал свою жизнь, нельзя было бы поверить соединению стольких слабостей и противоречий в одном человеке. При непостижимом почти бесстрашии в области философии, он приходил в трепет от каждого дурного предзнаменования и (подобно своему отцу) верил в существование особого домашнего духа. Знаменитый медик, тонкий и изобретательный математик, он верил в сны и занимался магией и колдовством. Он то вел суровый образ жизни, то предавался всевозможным излишествам, переходя от роскоши к нищете. Ему хотелось все знать и все испытать. Нечувствительность его к величайшим несчастиям была так велика, что он без всякого волнения присутствовал при казни родного сына.

Кардан изучал все науки и в каждую внес какое-нибудь усовершенствование. У него достало смелости сбросить окончательно иго старины и вступить в единоборство со всей древней наукой. Для него не существовало авторитета; он доверял только указаниям собственного разума. Но при всем том смелый преобразователь, которого не пугали никакие преграды, был убежден, что каждый год 1 апреля в 8 часов утра он может получить свыше все, чего бы он ни пожелал. Де-Ту рассказывает, что на 75-м году Кардан добровольно умер от голода, чтобы доказать справедливость одного из своих предсказаний. Кардан наиболее известен по своему математическому сочинению «*Artis magnae sive de regulis Algebrae liber unus*», в котором он и опубликовал вышеупомянутое решение уравнений 3-й степени. Замечательнейшие из его физических сочинений — «*De subtilitate*» (1552 г.) и «*Opus novum*» (1570). Из физических его работ лучшие относятся к механике. По отношению к наклонной плоскости он верно ставит вопрос: какая сила нужна для того, чтобы удержать тело на наклонной плоскости? Таким путем он обходит опасную необходимость признавать определенную силу для движения по горизонтальной плоскости (как это делал Папп) и доказывает вполне справедливо, что для поддержания тела на горизонтальной плоскости не нужно никакой силы, а для поддержания его на наклонной требуется сила, равная тяжести тела. Этим, впрочем, исчерпываются верные выводы Кардана, и он заканчивает уже вполне ошибочным положением, что сила должна быть прямо пропорциональна наклону плоскости, т. е., например, для наклона в  $30^\circ$  она должна быть вдвое более чем для наклона в  $15^\circ$ .

Невзирая на соперничество, Кардан и Тарталья имеют много общего в своих физических исследованиях. Оба они верно определяют предельное значение двух переменных величин, оба они приходят к выводу, что между этими пределами величины нарастают или убывают во всех случаях пропорционально изменению величины, лежащей в их основе, и оба они ошибаются. Для состояния механики в XVI в. это дурной

## ПРОТИВНИКИ АРИСТОТЕЛЯ 125

показатель, что два таких замечательных математика, как Тарталья и Кардан, не могут проверить опытным путем, действительно ли имеет место утверждаемое ими пропорциональное нарастание двух величин. Кардан — противник схоластиков; он старается ниспровергнуть натурфилософию Аристотеля способом, который нам не может прийти по вкусу; именно, вместо четырех начал он принимает три: землю, воздух и воду; земля суха, вода жидка, а воздух — самая жидкая стихия. Вокруг земли непрерывно вращаются другие стихии; движение воздуха всего быстрее, — оно сообщается ему звездами. Вода не может двигаться собственными силами, она загнила бы, не будь приливов и отливов, вызываемых небесными движениями. Теплота не стихия, а особое свойство тел; холод есть отсутствие теплоты. Рядом с такими фантазиями встречаются у Кардана и точные наблюдения: он определяет скорость ветра ударами собственного пульса за недостатком других измерительных приборов и находит, что самая сильная буря продвигается вперед на 50 шагов в продолжение одного удара пульса; он определяет, что вес воды в 50 раз больше веса воздуха, но при этом отмечает, что это число неточно, и т. п. Значительная часть механических сочинений Кардана посвящена описанию механических изобретений, нередко имеющих характер фокусов. За недостатком научных работ в то время любили возбуждать удивление публики подобными выдумками. Для сидения в императорских экипажах изобретается особое приспособление (употребляемое теперь для корабельных компасов по мысли Кардана), чтобы его величество могло сидеть неподвижно при толчках. В дымовой трубе проделываются четыре отводящие трубы, соответственно четырем странам света, чтобы при противных ветрах дым мог выходить в одно из отверстий. В числе других интересных сведений Кардан сообщает, что из Германии в Милан была привезена блоха, привязанная волосом к цепи <sup>1</sup>.

В описываемый нами период число противников аристотелевской физики быстро возрастает. Как и в древности, вслед за философским направлением в средние века появляется математическое. Но в древности оба направления могли существовать рядом и почти независимо друг от друга, теперь же гнет схоластической философии порождает в ее противниках ненависть, идущую во многих отношениях дальше своей цели.

*ПЕТР РАМУС* (1502—1572), даровитый французский математик, не хочет признавать даже аристотелевской логики и пишет свою, усовершенствованную. Против сочинения своего схоластического противника Карпентария «*Descriptio universae naturae ex Aristotele*» он отвечает сочинениями «*Scholarum phys.*», libri octo, 1565, и «*Scholarum metaph.*», libr. quatuordecim, 1566.

Для нас эти сочинения интересны только по смелости, с которой автор старается ниспровергнуть авторитет Аристотеля. Лично для него они имели печальные последствия — потерю кафедры и необходимость бежать из Парижа. Особые судьи, избранные для решения дела

<sup>1</sup> *Kästner*, *Gesch. d. Mathematik*.

## 126 ЭЛЕМЕНТЫ У ТЕЛЕЗИЯ. ТЕОРИЯ РАДУГИ

Рамуса, признали его самонадеянным, дерзким и неразумным человеком; а эдикт короля подтвердил, что Рамус, осмелившись порицать Аристотеля, обнаружил лишь собственное невежество. Несколько лет спустя изгнанник решил вернуться в Париж и снова занять кафедру, но был убит в Варфоломеевскую ночь, как уверяют, по наущению враждебного ему Карпентария.

Для характеристики отношений новой церкви к Аристотелю весьма любопытен ответ, полученный Рамусом от Безы (1519—1605), преемника Кальвина, на просьбу о позволении преподавать в Женеве: «Женевцы раз навсегда решили не отступать от взглядов Аристотеля ни в логике, ни в других отраслях знания». Лютер и Меланхтон тоже рекомендовали логику Аристотеля, хотя с меньшей горячностью, чем Беза. Оба эти реформатора были, разумеется, далеки от физики, но Меланхтон относился к ней не враждебно. По его мнению, естественные причины действуют с естественной необходимостью, пока бог не нарушит установленного порядка вещей.

*БЕРНАРДИН ТЕЛЕЗИЙ* (1508—1588) из Конзенцы основал общество естествоиспытателей, телезианскую (или консентинскую) академию, для борьбы с натурфилософией Аристотеля. В его главном сочинении «De rerum natura juxta principia rgorgia», libri IX, два первые тома которого были напечатаны в 1565 г., он принимает единое первичное вещество и две первичные формы, или бестелесные сущности — теплоту и холод; причем все тела образуются, по его теории, от действия этих двух начал на первичную материю. Так как небо, по преимуществу, является средоточием тепла, а земное ядро — холода, то на поверхности земли возникает наибольшее число живых существ. Теплота неба неравномерна: звездные части теплее беззвездных. Вследствие неравномерного тепла однообразное вначале движение планет превращается в неравномерное. В маленьком сочинении «De colorum generatione» Телезий объясняет и происхождение цветов своими двумя стихиями. Тепло — причина белого, холод — черного цвета. Прочие цвета происходят, как и у презираемого им Аристотеля, из смешения двух основных.

Доктор богословия и проповедник в Бреславле *И. ФЛЕЙШЕР* (1571) в своем сочинении «De iridibus doctrina Aristoteiis et Vitellionis» правильно замечает, что лучи радуги претерпевают двойное преломление и единичное отражение, но помещает отражение не в той же капле, в которой происходит преломление, а в другой, лежащей позади нее. Радиус дуги он путем измерения определяет в  $42^\circ$ . Радуги второго порядка он не объясняет вовсе. Клихтгоф в 1543 г. считал радугу второго порядка изображением главной вследствие того, что цвета ее расположены в обратном порядке, как прибрежные предметы, отражающиеся в воде.

Менее посчастливилось при объяснении радуги *ФРАНЦИСКУ МАВРОЛИКУ* (1494—1575), оптику, весьма дельному в других отношениях, в его сочинении «Theoremata de lumine et umbra etc.», 1575 г. Мавролик был сын грека, бежавшего из Константинополя от чурок и поселившегося в Мессине. Он рано поступил в монастырь, но занимался преимущественно преподаванием математики. Математические трактаты

составляют большую часть его сочинений. Исследования конических сечений приобрели ему славу величайшего геометра XVI века. Но большинству он известен как автор «Оптики». При объяснении радуги у Мавролика луч отражается до семи раз в капле воды под углом в  $45^\circ$  и ни разу не преломляется, что, конечно, не дает результатов, согласных с опытом. Но зато мы находим у него правильное замечание, что радуга второго порядка не может быть простым изображением главной по следующим причинам: цвета главной радуги не достаточно ярки, чтобы отражаться; зеркальной поверхности для отражения не существует; отражение извратило бы не только порядок расположения цветов, но и самую дугу.

Мавролику принадлежит заслуга довольно верного объяснения действия очков. Изучая преломление светового луча в чечевицах, он заметил, что лучи, выходящие из одной точки, вновь соединяются позади чечевицы в одной какой-либо точке непреломленно проходящего луча. Это можно ясно видеть при пропускании солнечных лучей через выпуклую чечевицу в темную комнату. Истинную точку соединения, т. е. фокусную длину чечевиц, Мавролик определить не в состоянии<sup>1</sup>, потому что он убежден в пропорциональности углов падения и преломления; но он видит ясно, что при выпуклых стеклах получается изображение предмета позади чечевицы; что вогнутые стекла не соединяют, а напротив, еще сильнее рассеивают лучи; и что действие обоих родов чечевиц усиливается по мере увеличения их кривизны. На основании этих данных Мавролик признает хрусталик важнейшей частью глаза, указывая, что хрусталик соединяет лучи, получаемые им от предмета, и дает изображение последнего. При ненормальной кривизне хрусталика соединение лучей может произойти либо раньше, чем нужно (близорукость), либо позже (дальнозоркость). Эти-то недостатки и исправляются выпуклыми и вогнутыми стеклами очков. О назначении сетчатой оболочки глаза и о возникновении на ней изображений Мавролик не имеет ясного понятия: лучи света должны, по его мнению, падать на нерв раньше своего соединения.

Объяснение круглых солнечных изображений, наблюдаемых при известных условиях под тенью деревьев, удастся Мавролику вполне. Он указывает, что каждая точка в промежутке между листьями, через который проходит свет, представляет собой верхушку двойного светового конуса, основанием которого служит, с одной стороны, солнечный диск, а с другой — поверхность, воспринимающая свет. Изображение состоит здесь из бесконечного множества изображений, совокупность которых образует круг тем более правильный, чем меньше отверстие сравнительно с расстоянием от затененной поверхности. Древние, знавшие со времени Аристотеля не только круглые солнечные изображения, но и серпообразные при солнечных затмениях, объяснили их с чисто философской точки зрения. Именно, свет, по их мнению, после прохож-

---

<sup>1</sup> Мавролик знает, что не все световые лучи, параллельные оси, соединяются в одной точке позади чечевицы и открывает, следовательно, сферическую абберацию для чечевиц, как Бэкон для зеркал. Каустические линии ему известны по существу, если не по названию, но форма их остается, разумеется, неопределенной.

дения через малое отверстие тем сильнее стремится принять вновь форму светящегося тела, чем более он удаляется от препятствия.

Ряд новейших механиков начинается с *ГВИДО УБАЛЬДИ*, маркиза дель-Монте (1577), известного по его сочинению «*Mechanicorum libri VI*». На нем ясно сказывается зависимость новейшей механики от архимедовской, потому что Убальди (1545—1607) был учеником Коммандино, известного уже нам переводчика архимедовского трактата о плавающих телах. Убальди сам перевел сочинение «*De aequi ponderantibus*» и написал сочинение о водоподъемном винте Архимеда. Перевод Архимеда появился спустя 10 лет после «Механики» самого Убальди. Он говорит в своей книге, что убедился в правильности положений греческого ученого и многие из них доказал; но, узнав, что еще не удовлетворил всех своих читателей, он решил для обеспечения лучшего приема собственному сочинению познакомить их с подлинным учением древнего писателя, так как «авторитет всегда много значит». В предисловии он оправдывает Архимеда, «писавшего о центре тяжести плоскостей, несмотря на то, что плоскости не имеют тяжести». Подобную плоскость можно принять за основание призмы, призма же остается в равновесии, когда центр тяжести ее основания поддерживается. В своем сочинении Убальди объясняет действие пяти простых механических машин Паппа — рычага, блока, ворота, клина и винта, — причем он сводит четыре последних к рычагу и объясняет действие рычага из отношения возможных скоростей. Галилей прямо указывает, что сочинения Убальди побудили его к дальнейшим исследованиям над центрами тяжести тел. Тем не менее, было бы неправильно признавать Убальди действительным предшественником Галилея, так как его исследования имеют исключительно статический характер. Если при описании рычага он принимает в расчет описываемые им пути (что, впрочем, делал и Аристотель), то этот случай составляет исключение в его механике. Он не умеет еще применять того же принципа даже к наклонной плоскости. Либри<sup>1</sup>, даже восхваляет Убальди за то, что последний ставит себе единственной целью применение геометрии к механике, не допуская никаких гипотез или начал а priori.

Убальди, происходивший от одного из знаменитейших итальянских родов, с молодых лет посвятил себя математике. Он изучал ее в Урбино и Падуе; затем оставил родину для войны с турками, а по возвращении в 1588 г. был назначен главным инспектором тосканских крепостей. В это время он познакомился с Галилеем. Убальди рано удалился от общественных дел в свое поместье, чтобы посвятить себя исключительно науке. Умер он в 1607 г.

Английский моряк, конструктор компасов *РОБЕРТ НОРМАН* (1580) в своем небольшом сочинении «*The new attractive*» первый выказывает более верное и точное знакомство со свойствами магнитной стрелки. Он открывает наклонение ее к горизонту и устраивает *inclinatorium* (т. е. магнитную стрелку, вращающуюся вокруг горизонтальной оси в магнитном меридиане), при помощи которого он определяет наклонение для Лондона в  $71^{\circ} 50'$ . Нюрнбергский уроженец Гартман, за-

<sup>1</sup> «*Histoire des sciences*», IV, 84.



## РЕФОРМА КАЛЕНДАРЯ 129

нимавшийся устройством солнечных часов, уже в 1544 г. заметил горизонтальное наклонение магнитной стрелки, но не был в состоянии его измерить. До Нормана и его открытия относили точку притяжения магнитной стрелки в небо или же верили басням о громадных железных горах на севере, которые притягивали неосторожно приблизившиеся корабли и разрушали их, извлекая из них железные гвозди. Норман относит точку притяжения к земле, по крайней мере, для горизонтального наклонения стрелки, хотя он и не считает еще землю магнитом. Он замечает также, что намагничивание стальной иглы не увеличивает ее веса, и что, стало быть, наклонение не зависит от большей тяжести намагниченной стрелки, как могли думать другие, заметившие раньше это наклонение.

*ПАПА ГРИГОРИЙ XIII* (1582) разрешил, наконец, давно стоявший на очереди вопрос календарной реформы, правда, только для католических государств. Церковь была особенно заинтересована в правильном исчислении времени для установления праздников. Бэкон уже указывал на необходимость исправления календаря. Кузан писал *de reformatione calendarii*, Сикст IV вел по этому поводу переговоры с Региомontanом, Триденскому собору делались предложения в том же смысле; но только Григорию XIII удалось, после предварительного соглашения с католическими державами (1577 г.), осуществить отмену старого календаря особой буллой. Лишний день, который, по юлианскому календарю, прибавлялся через каждые 4 года, должен был теперь отбрасываться из тех годов, которых число, делясь на 100, не делилось на 400. Длина года была определена по этому исчислению в 365 дней 5 час. 49 мин. 12 сек. Между тем, по Лаланду же истинная длина его составляет 365 дней 5 час. 48 мин. 48 сек., и потому по прошествии 3600 лет должен накопиться лишний день. Когда будет лучше отбросить этот день, этот вопрос пока еще остается открытым. Пастор Леман, особенно ревностный хронолог, уже в 1842 г. советовал избрать для этой цели 2000-й год. Известный хронолог Иделер не находит, однако, нужным исключить уже теперь лишний день и даже опасается путаницы от преждевременной перемены.

В интересах церковного счисления положено было вернуться в 1582 г. к состоянию года во время Никейского собора, т. е. к 325 г. н. э., когда весеннее равноденствие пришлось на 21 марта, для чего надо было отбросить 10 дней. Необходимые переговоры затянули дело до октября 1583 г., года, наконец, после четверга 4 октября стали писать «пятница, 15 октября». Протестантские государства, долгое время отказывавшиеся одобрить предложение, исходившее от папы, в том числе Дания, Голландия и Швейцария, решили в 1699 г. ввести у себя исправленный календарь и в 1700 г. перескочили с 18 февраля на 1 марта. Англия ввела у себя новый календарь в 1752 г., Шотландия и Швеция в 1753 г. Последователи греческой церкви до сих пор придерживаются старого стиля и в настоящее время отстали уже на 12 дней <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> В настоящем, XX веке расхождение это возросло уже до 13 дней. В СССР в скором времени после Октябрьской революции было, как известно, введено западноевропейское исчисление времени. *Прим. ред.*

### 130 КАЧЕНИЕ МАЯТНИКА. СЛОЖЕНИЕ СИЛ

*ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ* (1583) наблюдает в Пизанском соборе качание люстры.

*М. ВАРРО* (1584) в своем «Tractatus de imotu» старается объяснить действие клина сложением двух гипотетических движений. Он вообще имеет понятие о сложении сил и знает, что три силы, которые в своем действии относятся между собой как стороны прямоугольного треугольника, могут находиться в равновесии.

Сложением сил занимается и *СТЕВИН* (1587) в своем «Beghinselen der Weegkonst» (т. е. началах равновесия). Симон Стевин родился в 1548 г. в Брюгге, был вначале чиновником по сбору податей в родном городе, затем инспектором сухопутных и водяных сооружений в Голландии и умер в Лейдене в 1620 г. Собрание его сочинений вышло в 1634 г. под заглавием: «Les oeuvres mathematiques de Simon Stevin». Стевин занимает своеобразное место в механике. Язык его прост, ясен, точен; доказательства излагаются твердо и надежно; у него нет ни малейших признаков свойственной его времени путаницы механических понятий; мало того, он почти всегда подкрепляет свои положения хорошо придуманными и искусно выполненными опытами, так что его порою хотелось бы отнести к следующему столетию и поставить рядом с Галилеем. Но, с другой стороны, Стевин по своему методу вполне еще принадлежит древней механике, если не считать опытов, не имеющих у него, впрочем, еще того значения, которое они приобретают впоследствии. Он истый статик архимедовой школы. Его доказательствам недостает еще динамического элемента, столь резко характеризующего галилеевскую механику, а способ ведения доказательств, по обычаю статического метода, не только скрывает ход развития мысли, но и не поддается широким обобщениям. Архимедовский чисто статический метод празднует в лице Стевина свою последнюю победу, и древняя статика как бы заканчивается его работами — открытием закона наклонной плоскости и исследованием давления жидкостей. Если вообразить себе, по Стевину, треугольник расположенным в вертикальной плоскости, с основанием, параллельным горизонту, а вокруг него сомкнутую цепь, равномерно составленную из одинаково тяжелых звеньев, и представить себе, далее, что цепь эта может двигаться вокруг треугольника без трения и препятствия, то ясно, что движение все-таки произойти не может. В самом деле, если бы движение началось в каком-нибудь направлении, то оно должно было бы продолжаться бесконечно, так как, несмотря на передвижение цепи, первоначальные условия, в силу однородности цепи, оставались бы все время неизменными. Но вечное движение невозможно, следовательно, цепь вообще должна оставаться в равновесии. Отсюда Стевин заключает, что равновесие должно существовать и в тех случаях, когда ни одна из сторон треугольника не имеет горизонтального положения и, наконец, что три силы, приложенные к одной точке, будут находиться в равновесии, если они относятся между собой, как стороны любого прямолинейного треугольника и параллельны этим сторонам. Последнее положение есть не что иное, как закон параллелограмма сил, только в иной форме. Нужно, однако, остерегаться приписывать Стевину открытие этого закона, во-первых, потому, что он не доказал в общем виде этого

## ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ 131

положения, и, во-вторых, потому, что его доказательство относится только к случаю равновесия, а не к равенству движений, вызванных силами. Зато равновесия цепи вокруг треугольника, уже достаточно для открытия закона наклонной плоскости. Нижняя, горизонтально лежащая часть цепи находится сама по себе в равновесии; сила тяжести тянет отдельные звенья ее отвесно вниз, и, следовательно, она не тянет ни вправо, ни влево; поэтому и обе боковые части цепи должны находиться в равновесии. Из всего этого с полной достоверностью вытекает следующее положение: два груза, расположенные на двух наклонных сторонах треугольника, находятся в равновесии, если отношение их равно отношению этих сторон. Если одну из сторон принять вертикальной, то соответствующий ей груз будет действовать всей своей тяжестью, из чего опять следует: для поддержания груза на наклонной плоскости нужна тяжесть, относящаяся к грузу как высота наклонной плоскости относится к ее длине.

Исследование над давлением жидкостей на дно сосуда Стевин начинает с положения, что в сосуде, имеющем форму параллелепипеда, на каждый участок дна давит только лежащий над ним столб жидкости. Действительно, если бы данная часть претерпевала большее давление, то последнее могло бы происходить только от соседних столбов жидкости. В таком случае пришлось бы принять, что они и на соответствующую им часть дна производят давление, большее их веса, что привело бы к абсурду. Из первого положения Стевин выводит, что в сосуде любой формы давление, производимое на дно, равно давлению столба жидкости, который имеет своим основанием площадь дна, а высотой — высоту уровня воды в сосуде. Доказав, что замещение столба жидкости твердым телом одинакового с нею веса не изменяет давления на дно, Стевин представляет себе, далее, что в сосуде формы параллелепипеда вся жидкость, за исключением содержимого канала, ведущего ко дну, заменена твердым телом соответствующего веса: так как подобная замена не влияет на степень давления на дно, то при любом искривлении, расширении или сужении этого канала, стенки которого образованы твердым телом, давление на дно должно оставаться равным давлению лежащего над ним столба жидкости. Для наглядного доказательства этого гидростатического парадокса Стевин берет сосуды разной формы, но с одинаковой высотой уровня жидкости, проделывает одинаковые отверстия в их дне и при помощи весов прямо показывает, что во всех случаях требуется одинаковая тяжесть для поддержания пластинки, замыкающей снизу отверстие в дне сосудов.

Для определения давления на стенки сосудов Стевин делит жидкость на мелкие горизонтальные слои и вычисляет давление на соответствующие этим слоям части боковых стенок посредством метода приближения, известного уже Архимеду. Так как давление в жидкости распространяется равномерно во всех направлениях, то в каждой точке боковой стенки горизонтальное давление будет равно вертикальному; следовательно, для данного участка боковой стенки давление будет больше такого столба жидкости, который имел бы своим основанием площадь этого участка, а своей высотой — расстояние от верхней границы слоя до уровня жидкости, и меньше такого столба, который при том

### 132 РАВНОВЕСИЕ В ЖИДКОСТИ. ДИНАМИКА

же основании имел бы высотой расстояние от нижней границы до уровня жидкости. Суммированием Стевин находит две величины, которые в применении к бесконечно тонким водяным слоям переходят в предельную величину, принимаемую им за истинную величину давления. Для прямоугольной боковой поверхности давление равно весу такого столба жидкости, которому основанием служит площадь стенки, а высотой половина высоты площади.

Положение о равновесии воды в сообщающихся трубках Стевин прямо выводит из зависимости давления на дно от площади давления и высоты уровня. С другой стороны, он пользуется фактом равной высоты уровня в сообщающихся трубках разной ширины как опытным доказательством справедливости своего закона. Архимедовское учение о плавающих телах он расширяет общими положениями, что при равновесии центр тяжести плавающего тела должен лежать вертикально под воображаемым центром тяжести вытесненной массы жидкости и что равновесие тем устойчивее, чем глубже первая точка лежит под второй.

*ДЖ. Б. БЕНЕДЕТТИ* (1530—1590) был в большей степени динамиком, чем Стевин. В его сочинении «*Diversarum speculationum math. et physicarum liber*» механике посвящена особая глава, где проявляется некоторое знание инерции тел не только в состоянии покоя, но и при движении и где, кроме того, можно найти намек на действие равномерной силы, хотя самое представление о силе остается еще вполне аристотелевской «намеренной целью». Бенедетти утверждает, вопреки Аристотелю, что брошенный камень скорее задерживается, чем толкается вперед воздухом, и что движение камня, после того как он отделился от бросающей руки, зависит от известной стремительности, сообщенной ему первоначальной силой. При естественном движении (свободном падении тел) стремительность эта постепенно нарастает, так как постепенно усиливается ее причина, именно стремление тел к указанному им природой месту. Поэтому тела падают все быстрее и быстрее по мере приближения к земле. Бенедетти утверждает, далее, что все тела, каков бы ни был их вес, с одинаковой высоты падают на землю в течение одинакового промежутка времени и что тела, которым при бросании сообщено круговое движение, продолжают падать по касательной этого круга с самого того мгновения, как они предоставлены себе. Наконец, Бенедетти решает спорный вопрос XVII века — задачу о косом рычаге — следующим положением: движущая сила (*virtus movens*) любой тяжести узнается по длине перпендикуляра, опущенного из точки опоры рычага на линию наклона силы. Это положение интересно, так как оно содержит ясное определение того, что мы теперь называем моментом силы.

Бенедетти, венецианец по рождению, принадлежит к талантам, развившимся рано и притом совершенно самостоятельно. Он сам рассказывает о себе, что он никогда не обучался в школе, а только прочел четыре книги Евклида под руководством Тартальи. Дальнейшее свое образование он уже продолжал самостоятельно и, несмотря на это, на 23-м году жизни опубликовал замечательное сочинение «*Resolutio omnium Euklidis problematum aliorumque una tantummodo circuli data*

### ЖИЗНЬ ТИХО ДЕ БРАГЕ 133

аретура», где он показал, как можно решить все задачи Евклида при посредстве одного циркуля. Главный труд, в котором он изложил свои физические взгляды, появился под конец его жизни и не обратил на себя заслуженного внимания. В его время требовалось, чтобы физика излагалась по Аристотелю или, в случае крайности, когда дело шло о статических отношениях, — по Архимеду. В противном случае книга не могла рассчитывать на одобрение присяжных ученых и по возможности замалчивалась. Наш ученый, между тем, был не только отъявленным врагом Аристотеля и перипатетиков, но и отличался необыкновенной ловкостью в полемике, поэтому тем больше было оснований умалчивать о его работах. Бенедетти умер в 1590 г. в звании математика герцога савойского.

45 лет прошло со времени первого издания великого творения Коперника, а между тем оно все еще не обратило на себя внимания нигде, кроме Германии. Немецкие астрономы почти все были на стороне нового учения, но это мало способствовало его распространению. Большие результаты дала в этом отношении оппозиция новому учению со стороны выдающегося астронома.

В 1588 г. *ТИХО ДЕ-БРАГЕ* обратился письменно к Пайцеру в Виттенберге и Ротману в Касселе с возражениями против системы Коперника, и в том же году началось на его обсерватории в Ураниенбурге печатание сочинения «*De mundi aetherei recentioribus phaenomenis liber secundus*» (законченного в Праге только в 1602 г.), в котором он противопоставляет свою систему учению Коперника.

Тихо родился в 1546 г. Его отец, шведский дворянин, был комендантом Гельсинборга и умер в 1571 г. В 1560 г. Тихо по желанию семьи отправился в Копенгагенский университет изучать право. Но юриспруденция, по-видимому, была ему не по душе, и в 1562 г. он переселился в Лейпциг, где занимался астрономией, а в августе 1563 г. он наблюдал противостояние Юпитера и Сатурна. Семья его не сочувствовала таким недворянским затеям и, вероятно, положила бы им конец, если бы на сторону молодого человека не перешел его дядя Стен Билле. Когда Тихо после нескольких лет странствований вернулся на родину, дядя этот устроил для него в своем имении маленькую обсерваторию и химическую лабораторию. Его наблюдения над новой звездой, которая в 1572 г. сияла ярче Венеры, а в 1574 г. исчезла, обратила общее внимание на молодого астронома. В 1574 г. он читал лекции по астрономии в Копенгагене и был представлен датскому королю Фридриху II, который подарил ему остров Хвен в Каттегате и построил для него обсерваторию Ураниенбург (1576—1580), сделавшуюся впоследствии столь знаменитой. Тихо во время своих путешествий успел познакомиться с лучшими мастерами механических приборов; он сам тщательно исследовал все инструменты, особенно круговые деления, составил — что в то время было ново — таблицы замеченных ошибок делений и по ним делал поправки к своим наблюдениям. Благодаря таким предосторожностям, наблюдения Тихо отличались точностью, которой до него не достигал никто.

В продолжение 21 года (с 1576 до 1597 гг.) Тихо производил наблюдения в Ураниенбурге в кругу многочисленных слушателей. Затем его положение стало невыносимым: Фридрих II умер, четыре советника

## 134 НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТЬ СИСТЕМЫ ПТОЛЕМЕЯ

правили государством за малолетством его наследника Христиана IV; с одним из них, Валькендорпом, Тихо имел столкновение из-за английского дога, и враги воспользовались этим случаем, чтобы его выжить. Сначала Тихо отправился в Копенгаген; когда же Валькендорп запретил ему производить наблюдения своими прежними инструментами, то он переселился в Росток. В 1599 г. окончились его переговоры с императором Рудольфом, и он отправился в Прагу в качестве императорского астронома, астролога и алхимика. Тихо получил 2000 червонцев на обзаведение, 3000 гульденов ежегодного содержания, дом в Праге, замок Бенах близ города для научных занятий и — что всего важнее, — ассистента в лице молодого астронома Кеплера. Ему не удалось, однако, долго поработать на новом поприще: после ужина, на котором было много выпито, он заболел и умер 24 октября 1601 г.

Громкая и вполне заслуженная слава Тихо основана на многочисленности и тщательности его наблюдений. Ему, однако, не пришлось вкусить теоретических плодов своей долголетней работы. Мы увидим впоследствии, как плохо оплачиваемый и многострадальный ассистент Кеплер «выведет из его данных истинные орбиты планет и исправит, таким образом, систему Коперника в одном из ее самых слабых мест. Тихо успел только убедиться в несостоятельности птолемеевой системы, и вследствие этого обратил особое внимание на планету Марс, путь которой всего менее согласуется с эксцентрическим кругом. Он вполне сознавал простоту и ясность, с которой система Коперника распутывала сложность планетных движений; допускал даже, что это наиболее удобная гипотеза для вычислений и не скупился на похвалы великому астроному. Но, тем не менее, он не решался признать, что эта система соответствует фактическому положению вещей, потому что никак не мог представить себе движения земли.

Против теории движения земли Тихо приводит следующие возражения: 1) Непонятно, каким образом при вращении земли камень, брошенный с высокой башни, может упасть у ее подножья, — возражение весьма веское в такое время, когда закон инерции был еще неизвестен. Коперник пытался опровергнуть подобные доводы допущением, что всем земным телам присуще совместно с землей круговое движение. 2) Земля — большое, тяжелое, неприспособленное для движения тело, которому невозможно кружить по воздуху наподобие звезды. Упомянутый уже Ротман в ответ на это возражал, что по наблюдениям самого Тихо солнце в 140 раз, Юпитер в 14, Сатурн в 22 раза больше земли и потому еще менее ее пригодны для вращения. Но Тихо, вопреки размерам светил, очевидно, не думал об их тяжести. 3) Если земля пробегает такое огромное пространство, то неподвижные звезды должны изменять свое кажущееся положение. Коперник, предвидя это возражение, наперед опроверг его указанием на громадность расстояния неподвижных звезд. 4) Нельзя указать силы, которая поддерживала бы параллельность земной оси при ее перемещении — довод весьма веский, как уже было отмечено выше. 5) Библия в книге Иисуса Навина, 10, 12 («солнце, остановись в Гидеоне!»), прямо опровергает учение о движении земли.

## РЕФРАКЦИЯ. КОМЕТЫ 135

Последний аргумент, по-видимому, окончательно убедил Тихо в несостоятельности системы Коперника. Он придумал промежуточную систему, согласно которой, как и у Птолемея, земля находится в покое, а солнце и луна вращаются около нее; прочие же планеты двигаются вокруг солнца, как у Коперника. Медлер называет эту систему недостойной великого Тихо и склонен думать, что сочинение «*De mundi aetherei recentioribus phaenomenis*», в котором изложена упомянутая система, искажено посторонними прибавлениями. Другие признают, что она представляет некоторый прогресс сравнительно с птолемеевой теорией и огромный шаг назад по сравнению с системой Коперника.

Так или иначе, Тихо ниспроверг систему Птолемея и тем подготовил окончательную и решительную победу Коперника. Благодаря славе и уважению, которыми пользовался Тихо, его система стала вскоре общеизвестной, и после того как подобный авторитет отрекся от Птолемея, никто уже не решался отстаивать его. Приходилось выбирать между половинчатой и цельной гелиоцентрическими системами. Всякий, чья совесть смущалась неподвижностью солнца; или кто из страха перед церковью чуждался крайнего революционера Коперника; всякий, чья вера в свидетельство чувств была тверже астрономических представлений, — с легким сердцем присоединялся к геогелиоцентрической системе Тихо. Только собственный ассистент Тихо Кеплер не мог согласиться с нею, несмотря на то, что Тихо до самой своей смерти не переставал убеждать его испробовать систему, столь схожую с коперниковой. Учитель Кеплера, тюрингенский профессор Мэстлин (1550—1631), который еще в 1582 г. в своей «*Epitome astronomiae*» учил по системе Птолемея, убедившись в ее несостоятельности, обратился в последователя не Тихо, а Коперника. Мало того, этот же Мэстлин своей речью, произнесенной в Италии, впервые обратил в новую веру Галилея, впоследствии знаменитого защитника системы Коперника.

Тихо был исключительно астрономом. Нам приходится упомянуть только о двух его работах, касающихся физики — о его теории комет и наблюдении над астрономической рефракцией. До Тихо кометы считались атмосферным явлением и относились к области физики. Тихо, наблюдавший комету 1577 г., не мог при самом тщательном измерении найти параллакса, и так как он при точности своих инструментов определял параллакс в 2', то он решил, что расстояние этой кометы в 28 раз больше расстояния луны, и с уверенностью исключил ее из сферы атмосферных явлений. Что касается астрономической рефракции, которая была известна гораздо раньше, но не принималась, как следует в расчет, то Тихо впервые стал ее учитывать при своих наблюдениях и жестоко осуждал другие обсерватории, например Кассельскую, которые этого не делали. Впрочем, хотя Тихо составил таблицы астрономической рефракции на основании своих наблюдений, его оптические взгляды, по-видимому, были не из самых верных. Он утверждает, например, что рефракция прекращается на высоте 45° над горизонтом и бывает различна для различных светил, солнца, луны и т. д.

*ДЖАМБАТИСТА ДЕЛЛА ПОРТА* (1589), одна из любопытнейших личностей XVI века, — полудиллетант, полуученый и в изрядной степени шарлатан. Его главное сочинение «*Magia naturalis sive de miraculis*

gerum naturalium», libri XX, появилось в 1589 г. во втором, действительно улучшенном издании. Порты (1538—1615) был богатым итальянским аристократом, который при своих разнообразных занятиях производит скорее впечатление любителя физики, чем настоящего физика. Он некоторыми чертами напоминает старого Плиния: так же любознателен и неутомим в собирании сведений и так же легковверен и пристрастен к чудесному. Большую часть жизни он проводит в путешествиях, везде старается узнать что-нибудь новое, завязывает знакомства с знаменитостями, изучает древних натуралистов и, наконец, в обширном компилятивном труде сообщает все им, таким образом, приобретенное. В одном только отношении Порты отличается от обыкновенного компилятора: он мастер производить опыты и потому обогащает различные отделы физики новыми открытиями<sup>1</sup>. Зато ему недостает строгого философского ума, открывающего связь явлений, а также основательного математического образования. Вопреки духу времени, он ничего не сделал для механики и математической физики. Даже в отношении опытов следует остерегаться излишней доверчивости, так как Порты нередко описывает вещи, которых он сам не делал, и, по свойственной тогдашним ученым манере, любит придумывать смелые планы, не заботясь об их выполнимости.

Так, в своем «pneumaticorum, libri III» (позднейшей разработке одного из отделов его «Магии»), он предлагает проводить воду через горы посредством сифона. Нужно только проложить через гору трубу и снабдить ее для наполнения водою кранами на обоих концах и на верхушке. Мысль его угадать нетрудно, но если бы он хотя раз попробовал применить своей проект к горе высотой более 32 футов, то, пожалуй, он еще раньше Галилея открыл бы, что «боязнь пустоты» имеет свои пределы. По его собственным словам, Порты закончил свою «Магию» 15 лет от роду; это, значит, в 1553 г. Между тем старейший из известных экземпляров ее помечен 1558 г. Математик Брандес называет ее «безумнейшей из книг», и с ним можно согласиться, прочитав у Порты описание лампы, придающей всем присутствующим лошадиные головы, или способа определения целомудрия женщины посредством магнита. Несмотря на это или, может быть, именно поэтому сочинение Порты имело громадный успех и было переведено на итальянский, французский, испанский и арабские языки. Второе издание было значительно расширено против первого и содержало меньше фантастических опытов, вследствие чего оно и пользовалось гораздо меньшим успехом<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> В этом отношении возникают, впрочем, некоторые сомнения. Порты сам признает, что он выпытывал тайны природы у всего света, у ученых и у рабочих. При этом он никогда не указывает источников, за исключением случаев, когда дело идет о древних ученых.

<sup>2</sup> Либри («Hist. des sciences», IV, 16) замечает: «Из всех сочинений Порты это имело наибольший успех. Его читали так усердно, оно прошло через столько рук, что первое издание было почти совершенно истерто от употребления и до нас дошли лишь позднейшие отпечатки. В наше время трудно понять такого рода порчу книги, притом книги о естественной магии. Но все занимающиеся библиографией знают, что подобная судьба постигла почти все книги о «тайных науках» и что в малочисленности сохранившихся



Важнейший отдел «Естественной магии» посвящен оптике. Мы находим здесь описание камеры-обскуры в простейшем ее виде. Порты указывает, что если проделать в ставне темной комнаты маленькое отверстие, то на противоположной стене будут рисоваться внешние предметы, освещенные солнцем, в естественных красках, но в обратном виде. Этого опыта он не выдает за свое собственное открытие, что, конечно, правильно, так как этот опыт был известен еще раньше, не говоря уже о том, что он подробно описан у Леонардо да-Винчи. Зато во втором издании находится описание усовершенствованного опыта, который заставляет признать Порту изобретателем нашей камеры-обскуры (хотя, правда, еще не в портативной форме). Описав известное уже нам приспособление, Порты продолжает: «Я хочу открыть тайну, о которой до сих пор имел основание умалчивать. Если вы вставите в отверстие двояковыпуклую чечевицу, то увидите предметы гораздо яснее, так ясно, что вы будете узнавать в лицо гуляющих на улице, как будто бы они находились перед вами». Свое открытие Порты тоже переносит на глаз и зрение; он называет глаз камерой-обскурой, зрачок отверстием, пропускающим свет, а хрусталик (странная ошибка со стороны человека, который учит вставлять двояковыпуклое стекло в отверстие ставни) — ширмой, воспринимающей изображения. Порты, по-видимому, не слышал о Мавроликке, который ранее его дал более правильные объяснения; иначе он не говорил бы, что дальность зрения происходит вследствие слишком сухого и твердого, а близорукость — вследствие слишком влажного и мягкого хрусталика при соответственно слишком узком или широком зрачке. Всего любопытнее у Порты решение вопроса об едином видении двумя глазами; подробно изложив все существующие на этот счет гипотезы, он кратко указывает, что мы во всех случаях видим только одним глазом, притом правым, если предмет находится от нас справа, и левым, если предмет находится слева.

Камера-обскура служит Порте преимущественно для развлечения посетителей, и именно в этом отношении он удивляет своей изобретательностью. Перед чечевицей в стене он прикрепляет полу бумажную трубку, переднее отверстие которой закрыто тончайшей бумагой; на этой бумаге он рисует различные фигуры и передвигает трубку до тех пор, пока солнце не даст явственного изображения фигур на стене. Мало того, движениями трубки он умеет сообщить фигурам такое оживление, что приобретает не совсем безопасную репутацию колдуна. Камера-обскура превращается, таким образом, в волшебный фо-

---

экземпляров были виноваты не одни инквизиторы. Доказательством служит жалкое истрепанное состояние, в котором такие книги дошли до нас. Модный роман не читается в наши дни так жадно, как читались в то время сочинения по магии и алхимии. И ни одно из художественных произведений не удостоилось стольких отпечатков, как первое сочинение Порты. Рассказы о чудесах и сверхъестественных явлениях заменяли в то время роман. Когда автор, после многолетних научных трудов, вновь издал свое сочинение в исправленном виде, очистив его от большого количества вздора, книга выиграла в научном отношении, но настолько же упала в общем мнении. Вскоре она была отложена в сторону, наряду с другими научными трактатами, например «De subtilitate» Кардана, которых никто не читал».

### 138 ЗРИТЕЛЬНАЯ ТРУБА. МАГНЕТИЗМ

нарь и могла бы даже легко превратиться в солнечный микроскоп; но Порты, вообще не отличающийся излишком скромности, на этот раз не придает надлежащего значения своим опытам, так как он не понимает их важности, а потому, собственно, он и не заслуживает звания изобретателя волшебного фонаря.

Еще менее заслужена им слава изобретателя зрительной трубы. Мнение, приписывающее ему это открытие, основано на одном месте «Магии», где Порты говорит, что через вогнутую чечевицу можно видеть ясно отдаленные предметы, через выпуклую — близкие, а если уметь соединять как следует те и другие стекла вместе, то можно различать как самое близкое, так и самое отдаленное. «Многим друзьям, не видевшим ясно далеких или близких предметов», продолжает он: «я помог так, что они стали видеть все в совершенстве». Вся эта цитата темна, но последние слова ее указывают, что он имел в виду средство для людей со слабым зрением, а вовсе не зрительную трубу, открывающую новые миры и для вполне нормальных глаз. Впрочем, мы не отрицаем, что этот намек, подобно тем, о которых было упомянуто раньше (Роджер Бэкон), мог послужить стимулом для работ действительных изобретателей.

Рассуждая о вогнутых зеркалах, Порты первый высказывает совершенно верное положение, что фокус всех лучей, падающих на зеркало вблизи оси, можно без заметной ошибки поместить на середине радиуса. Относительно чечевиц он знает только, что фокус лежит позади них. Порты называет фокус точкой обращения изображения, (*punctum inversionis imaginum*), так как при изучении зажигательного зеркала он заметил, что от предметов, находящихся между фокусом и зеркалом, получаются прямые и увеличенные изображения, а от предметов, лежащих дальше фокуса, изображения обратные и уменьшенные.

Кроме оптических исследований, заслуживают еще внимания опыты Порты над магнитом. Он знает, что разноименные полюса (которые он называет дружественными) взаимно притягиваются, а одноименные (враждебные) взаимно отталкиваются; но вместе с тем он полагает, что магнит одинаково способен и притягивать и отталкивать железо, вероятно, потому, что его проволока, после притяжения сама намагнитилась. Проведением естественного магнита по железу Порты превращает последнее в магнит, затем он кладет искусственный магнит в чашке на воду или подвешивает его на нитке и таким путем находит, что каждый полюс естественного магнита образует противоположный полюс в намагниченном железе. Далее, он отмечает, что с помощью намагниченного железа можно снова изготовить любое число новых магнитов. При столь разумных опытах не обходится, конечно, без схоластического истолкования притяжения: естественный магнит содержит железо, но последнее находится в нем в весьма несовершенном состоянии и потому притягивает другое железо, чтобы этим соединением достичь совершенства<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Кардан (стр. 124) тоже знал о подобии магнита с железом; так как железо притягивается магнитом, то он назвал последний женским, а первое мужским железом.

## АКАДЕМИЯ ПОРТЫ. МИКРОСКОП 139

Порта, как уже было замечено, — довольно загадочная личность: он хвастлив, относится легкомысленно к истине, верит чудесам без всякой критики, не имеет серьезного научного направления; и, несмотря на все это, за ним нельзя не признать известных заслуг. Мы встретились уже однажды с подобным сомнительным характером в лице Кардана, и могли бы познакомиться еще с другим, знаменитым и пресловутым Парацельсом (1493—1541), виртуозом шарлатанства, который, помимо серьезного значения для медицины, имеет и перед естественными науками заслугу энергичной борьбы со схоластическим аристотелизмом. Внешняя эффектность, некоторая примесь чудесного были, по-видимому, необходимы натуралисту в эту переходную пору для приобретения ученой славы.

Следует еще упомянуть об ученом обществе, основанном Портой в 1560 г. в Неаполе, не потому, чтобы оно заслужило известность какими-либо научными трудами, а потому, что оно было первым обществом, основанным с исключительной целью содействовать развитию естествознания. Эта «Академия тайн природы» не успела, однако, раскрыть никаких тайн, потому что когда Порта должен был явиться на суд инквизиции по обвинению в колдовстве и чародействе, это общество прекратило свое существование и уже не могло вновь собраться после освобождения своего основателя.

*ГАЛИЛЕЙ* (1590) своими опытами над падением тел с наклонной башни в Пизе доказывает, что скорость падения тел не находится в прямой пропорциональной зависимости от их тяжести.

Мы знаем, что уже Сенека заметил увеличительную способность стеклянных сосудов с водой; что Альгазен говорит об увеличениях, получаемых с помощью сферических поверхностей, а Роджер Бэкон и Порта с увлечением описывают эти свойства чечевиц. Но никому из прежних натуралистов не приходила мысль применить чечевицы для наблюдения мельчайших предметов, недоступных простому глазу. Название микроскоп, прямо указывающее на такую цель, обязано своим происхождением Десмикиану, члену основанной в 1603 г. академии «*Dei Lincei*» (т. е. рысей); но собственно микроскопические наблюдения с научной целью были начаты Гуком, Левенгуком и Гартсекером около 1670 г., хотя, впрочем, уже Стеллутти в 1625 г. рассматривал под микроскопом части пчелы. Все названные ученые пользовались еще простым микроскопом. Левенгук употреблял маленькие стеклянные чечевицы, увеличивавшие в 160 раз, Гук — стеклянные шарики, а Гартсекер сам плавил для себя подобные шарики перед лампой. Еще проще был водяной микроскоп С. Грея 1696 г., где капля воды, взятая на кончик иглы, помещалась в маленькое отверстие металлической пластинки и сама собой превращалась в увеличительное стекло. До какой степени затруднительно было наблюдение с такими шариками и как велика была наблюдательная способность, например, Левенгука, открывшего при помощи подобного инструмента инфузии, семянные тельца и т. д., можно судить на основании того, что, согласно исчислению Гюйгенса, шарик, имеющий 1 линию в поперечнике, увеличивает только в сто двадцать раз. Продолжительное применение простого микроскопа показывает, что потребность в сложном не была еще

## 140 ИЗОБРЕТЕНИЕ МИКРОСКОПА

осознана, по крайней мере, в конце XVI века, а позднее начало научных исследований служит признаком того, что в это время вообще не нуждались еще в микроскопе.

Человеку присуще естественное и заманчивое стремление увеличивать свой кругозор. Оптика давно уже обострила эту склонность различными опытами над сочетанием чечевиц и привлекла в эту сторону деятельность многих голов и рук. Изобретение зрительной трубы в начале XVII века оказывается, таким образом, вполне естественным, а ее быстрое распространение и блестящие результаты, полученные при ее помощи, свидетельствуют о своевременности открытия. Напротив, мир незримо-малого никого не привлекал в эту пору, и сложный микроскоп можно назвать преждевременным изобретением, которое было вызвано работами со зрительными трубами, но которого наука еще не сумела использовать. Сказанному ни мало не противоречит тот факт, что изобретение зрительной трубы относят обыкновенно к 1608 г., а микроскопа к 1590 г. (т. е. на 18 лет раньше). Дело в том, что 1608 г. есть год обнародования изобретения зрительной трубы, а 1590 г. является годом изобретения микроскопа; кроме того, последняя дата не является безусловно достоверной. Сведение это основано на замечании голландского посла В. Ф. Борееля (1655 г.), который слышал, что его прежний товарищ детства в Мидельбурге, оптик Захарий Янсен, вместе со своим отцом устроил первый микроскоп. Свой прибор изобретатели представили эрцгерцогу Альбрехту австрийскому, а последний подарил его Дреббелю, у которого посол и видел микроскоп в 1619 г. Сын З. Янсена тоже приписывает своему отцу изобретение микроскопа около того же времени; и так как для опровержения этих данных не существует фактов, то приходится признать 1590 г. годом изобретения микроскопа; но показания Борееля и Янсена-сына, как мы увидим дальше при изложении истории зрительных труб, не всегда заслуживают доверия.

Передача микроскопа эрцгерцогу должна была произойти, во всяком случае, после 1596 г., так как только в этом году Альбрехт вступил в Брюссель в качестве генерал-губернатора; притом не подлежит ни малейшему сомнению, что до всеобщего сведения микроскоп дошел позже зрительной трубы. Знаменитый Гюйгенс, несмотря на то, что он был голландцем, полагает, что микроскоп был изобретен не ранее 1618 г. и впервые был продемонстрирован у Дреббеля в Англии в 1621 г. Однако Галилей уже в 1612 г. устроил микроскоп и послал его в дар королю Сигизмунду польскому, но, очевидно, он не возбудил внимания своим изобретением, так как Гюйгенс в подтверждение своей точки зрения указывает, что итальянец Сиртури, писавший в 1618 г. о зрительных трубах, не упоминает еще о микроскопе.

Смелый доминиканский монах *ДЖОРДАНО БРУНО* (1550—1600), собственно, не имеет значения в специальной истории физики, но бросить взгляд на его жизнь, тем не менее, крайне поучительно для характеристики стремительного и бурного XVI века, с одной стороны, и постепенно возрастающего противодействия церкви успехам науки — с другой. Бруно родился в 1550 г. в Ноле, близ Неаполя, и вступил неизвестно когда в доминиканский орден. Сомнения насчет пресу-

## СИСТЕМА МИРА ДЖ. БРУНО. КЕПЛЕР 141

ществления и аристотелевского авторитета вскоре сделали для него пребывание в монастыре невыносимым, и он бежал. В Женеве ему не удалось найти долговременного приюта, потому что он отказался принять кальвинизм; но в Париже он пристроился и преподавал с блестящим успехом. Хотя покровительство Генриха III избавило Бруно от принудительного посещения церковной службы, вражда соперников, негодующих аристотелианцев, заставила его искать убежища в Англии. В Оксфорде, где всякий магистр или бакалавр должен был платить 5 шиллингов штрафа за каждую погрешность против Аристотеля, Бруно во время празднества, данного канцлером оксфордским, Лейчестером, участвовал в блистательном словесном состязании против приверженцев Аристотеля и Птолемея. Здесь он, по собственному выражению, целых пятнадцать раз замазывал им рот так удачно, что противники могли отвечать ему только одной бранью. Несмотря на это, и по всей вероятности благодаря покровительству Елизаветы, он получил позволение читать лекции, но на короткий срок. Затем Бруно снова отправился в Париж и на большом трехдневном диспуте заявил себя по-прежнему красноречивым противником физики Аристотеля и защитником теории вращения земли. Вынужденный вторично покинуть Париж, он отправился через Марбург и Виттенберг в Гельмштедт, где герцог брауншвейгский принял его весьма милостиво и даже не допустил Бете, настоятеля Гельмштедского собора, отлучить Бруно от церкви. Но здесь, как и в других местах, гонение сделалось мало-помалу нетерпимым; Бруно переселился во Франкфурт, а оттуда, по приглашению одного венецианца — в Венецию. Здесь он вскоре лопал в руки инквизиции, и после нескольких лет заточения был (на 50-м году жизни) присужден к обычному наказанию *quam clementissime et citra sanguinis effusionem*, т. е. сожжен живым оставшись, вопреки ожиданию судей, до конца жизни верным своим убеждениям.

Бруно нельзя отнести к числу представителей новейшей физики, как того хотели некоторые. Несмотря на упорную борьбу против физических теорий Аристотеля он вообще был не физиком, а чистым философом. Его, всего скорее, можно назвать предшественником новейших натурфилософов. В декартовской теории миров, в учении Лейбница о монадах звучат там и сям отголоски мыслей Бруно, и даже Шеллинг признает, что он обязан ему многим. Для нас главная заслуга Бруно состоит в раннем признании системы Коперника и мужественной защите ее. Уже в сочинениях 1584 г. он объявляет себя сторонником этой системы и развивает ее на свой лад. Все звезды суть солнца или земли. Солнца блестят собственным светом, и вокруг них обращаются земли, получая от них свой свет. Каждое солнце окружено обширным эфирным пространством, в котором земля совершает свой путь. Таких солнечных систем имеется бесконечное множество в безграничной вселенной, и нельзя сомневаться, что на многих землях существуют, как и на нашей, благоприятные условия для жизни сознательных существ. Человек — мелкое ничтожное звено в ряду творений, подобно тому как его конечный тесный мир — пылинка в беспредельной вселенной.

## 142 ЗАКОН ПЛАНЕТНЫХ РАССТОЯНИЙ

*ИОГАНН КЕПЛЕР* (1596): *Prodromus dissertationum cosmographicarum continens mysterium cosmographicum de admirabili proportione coelestium orbium, deque causis coelorum numeri, magnitudinis, motuumque periodicorum genuinis et propriis, demonstratum per quinque regularia corpora geometrica*», Tübingen, 1596.

Научная деятельность Кеплера (1571—1630) по времени и по духу принадлежит XVII веку. Только его первое творение «Prodromus» обнаруживает в нем мечтательного пифагорействующего числового мистика. Все остальное им написанное стоит на почве реального точного наблюдения, хотя там и сям попадаются еще уклонения в область грез. При выходе в свет первого сочинения Кеплеру было всего 25 лет. Его учитель Мэстлин убедил юношу, предназначавшегося для духовного звания, посвятить себя математике и астрономии и, едва тот окончил университетский курс (1593), выхлопотал для него место профессора математики и этики в Граце. Здесь молодой астроном опубликовал в 1594 г. календарь, а два года спустя «Mysterium cosmographicum». Сочинение это, как показывает заглавие, касается преимущественно закона расстояний пяти известных в то время планет от солнца в интерпретации Коперника.

Представим себе, что вокруг солнца описан шар, проходящий через Меркурий; если вокруг этого шара мы опишем правильный октаэдр, а вокруг последнего опять шар, то на поверхности второго шара будет Венера. Описав вокруг последнего шара икосаэдр, мы получим на окружности третьего шара, описанного вокруг икосаэдра, Землю. Идя таким образом все далее и далее и описывая попеременно додекаэдр, шар, тетраэдр, шар, гексаэдр, шар, увидим, что последние три шаровые поверхности будут последовательно проходить через три остальные планеты — Марс, Юпитер и Сатурн. Построение это только приблизительно отвечает положению двух последних планет и, разумеется, не имеет значения для современной науки, стремящейся открывать не только закономерности, но и причины последних. Тем не менее, оно свидетельствует о поразительной способности Кеплера связывать отдаленнейшие явления и открывать отношения, никому не приходившие на ум. Без этой способности он никогда бы не пришел к своим знаменитым законам планетных движений. Упомянутое выше сочинение имеет, сверх того, заслугу безусловного признания системы Коперника, распространение которой не подвинулось еще ни на шаг за пределами Германии, и строгой приверженности ее положениям. Лично для Кеплера его первый труд имел и дурные и хорошие последствия. Духовенству он стал ненавистен, но приобрел громкую славу между астрономами. Тихо де-Браге пожелал с ним познакомиться, и когда преследование протестантов в Штирии обострилось, он очень кстати пригласил его к себе в Прагу.

В заключение ряда физиков этого столетия назовем *ПИККОЛОМИНИ* (1597), который снова обращается к проблеме свободного падения тел и отвергает старое толкование, не предугадывая, конечно, решения наступающего столетия. Пикколomini в своей «*Liber Scientiae de natura*» замечает, что Аристотель по отношению к легким и тяжелым телам установил несколько положений, противоречащих опыту, и что

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ 143

его законы отношения скоростей падающих тел даже прямо неверны, так как вдвое более тяжелый камень не падает вдвое скорее. Это положение еще ранее и весьма основательно опроверг Стевин, указав, что 10 кирпичей одинаковой величины, падающих порознь с одинаковой скоростью, не станут падать в 10 раз скорее, если их бросить связанными вместе.

*XVI столетие, как мы видели, успело уже вполне овладеть древней наукой.* Все, что не погибло безвозвратно, было разыскано и стало общедоступным благодаря переводам и пояснениям. Это отличительная черта рассмотренного нами века. Однако в физике собственно еще незаметно существенных успехов. Naturфилософия и математическая физика разошлись совершенно. В своем преклонении перед Аристотелем философия отрицает всякое дальнейшее развитие, а математическая физика продолжает работать над старыми задачами, не завоевав, однако, новых областей для исследования.

*Только XVII столетие выходит твердыми стопами за заповедную черту древней науки, признав экспериментальный метод истинным физическим методом.* Новое направление, благодаря своим поразительным результатам, приобретает вскоре общее признание. *Философы и математики одинаково спешат воспользоваться его плодами; при помощи нового метода разрозненные ветви физики вскоре соединятся в цельную самостоятельную науку.* Таков, по крайней мере, идеал, к которому в различные периоды этого века более или менее сознательно, более или менее ревностно стремятся люди науки. Но, как всякое совершенство, идеал остается более или менее недостижимым, он не открывается во всей полноте и дает приблизиться к себе лишь немногим гениальным избранныкам.

Нас ранее удивляло, что греческая физика началась с натурфилософии, делавшей свои выводы «из недостаточно доказанных общих положений, и что она не только не стремилась к опытному исследованию, но даже от случайных наблюдений старалась прямо «перейти к общим истинам философского порядка или к математическим обобщениям. Теперь мы имели случай убедиться, что и средние века шли по тому же пути, можно сказать, еще с большим упорством, и что старой натурфилософии нужно было сначала выродиться и доказать полную свою непригодность, прежде чем человек решился снизойти к началу и сделать попытку подняться от вполне исследованных частных явлений к общим выводам. Стало быть, не природе одних греков, а человеческой природе вообще свойственна склонность, не довольствуясь методами, ведущими вперед медленными, обдуманними и строго проверенными шагами, постоянно пытаться сразу, одним усилием объяснить все загадочное, всю природу. *При этом, естественно, чем дальше люди находятся от истинной цели, тем понятнее их склонность признавать опытный путь безнадежным и искать спасения в чистом умозрении.*

## 144 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

*Нужно, однако, с другой стороны, остерегаться несправедливого отношения к заслугам философии и математики перед физикой и чрезмерной переоценки экспериментального метода, чему, к сожалению, бывали примеры и в наши дни. Искусство производить опыты само по себе совершенно неспособно действительно двигать науку вперед. Умозрение, проникающее за пределы современного состояния опыта, будет всегда указывать путь и диктовать план для дальнейшего наблюдения. С другой стороны, наука о явлениях природы всегда будет находиться в зависимости от математики при исследовании явлений с количественной стороны.*

*Идеал физики, как мы уже говорили, заключается в сочетании опытного исследования, математики и философии, взаимодействием этих трех факторов и обуславливается успех нашей науки в последующих столетиях. Там, где тот или другой метод преобладает над остальными, в развитии всегда рано или поздно замечается застой. Но когда эти три фактора соединяются в должном соотношении в одном человеке, появляется гений, создающий новую эпоху в истории науки. Такой гениальный человек стоит у истока новейшей физики. Мы говорим об ее основателе — Галилее.*



## **ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ**

Августин 74  
Аверроэс 94, 95, 108, 109  
Авиценна 87, 88, 91  
Альбаттани 85, 93  
Альберт Великий 88, 99, 100, 101, 102, 107  
Альбируни 91  
Альгазен 88, 89, 90, 94, 105, 106, 107  
Альгацини 90, 91, 92, 93, 94  
Аль-Мамун 85  
Альхайтам 90, 92, 94  
Анаксагор 17, 21, 38, 39, 40, 41  
Анаксимандр 19, 35  
Андроник 44  
Ансельм Кентерберийский 96  
Антемий 76, 77  
Аристарх Самосский 55, 59, 62, 63, 73, 120  
Аристотель 17, 22, 23, 32, 34, 37, 38, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 60, 64, 66, 68, 70, 71, 77, 79, 83, 94, 95, 97, 98, 107, 109, 113, 115, 121, 122, 125, 126, 141, 143  
Аристофан 65  
Архимед 18, 24, 25, 52, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 70, 71, 74, 75, 76, 91, 94, 130, 131  
Архит 18, 42, 52  
Бенедетти 132  
Боккачио 109  
Бозций 76  
Бруно Дж. 140, 141  
Бэкон Роджер 83, 102, 103, 104, 106, 107  
Бэкон Френсис 43  
Вальтер 112, 113  
Видеман Э. 84, 89, 90, 94  
Вик фон, Генрих 109  
Вильде 30  
Вителло 107  
Витрувий 53, 64, 65  
Вольф 30  
Выгодский 23  
Галилей 60, 115, 130, 139, 140, 144  
Гартсекер 139  
Гебер 26, 83, 84  
Гегель 6  
Гейберг 25  
Гераклид Понтский 37  
Герберт 87, 109  
Герон 24, 25, 53, 61, 62, 65  
Гипатия 75  
Гиппарх 62, 63  
Гомперц 14, 15, 21  
Гоппе 7  
Гопфнер 14  
Гораций 40  
Гук 139  
Гумбольдт А. 80

Гутенберг 111  
Гюйгенс 140  
Дамиан 70  
Даннеман 25  
Декарт 64, 115  
Демокрит 18, 21, 22, 33, 40, 41, 46, 51, 64  
Джиоя 101  
Дрэпер 30, 34  
Дюгем 5  
Дюринг 30  
Евдем 51  
Евдокс 42, 43, 59  
Евклид 24, 25, 54, 60, 65, 70, 71  
Евсевий 74  
Жильберт 116  
Зутер 30  
Ибервег 30  
Иделер 32  
Иероним Фракасторий 119  
Калипп 42, 43  
Кантор 30, 36, 75, 83, 87, 90  
Кардан 101, 123, 124, 125, 138, 139  
Кеплер 115, 134, 135, 142  
Клеант 64  
Клеомед 65  
Колумб 113, 114  
Коммандино 118  
Коперник 119, 120, 121, 122, 135  
Копп 30, 83  
Ксенофан 38  
Ктезибий 61, 62  
Кузанский Николай 110, 111  
Кэстнер 30, 110, 125  
Лагранж 58  
Ланге 22, 30  
Ланжевен 6  
Лаплас 69  
Левенгук 139  
Лейкипп 40  
Ленин В. И. 5  
Леонардо да-Винчи 116, 117, 137  
Либри 30, 136  
Лукреций 64, 66  
Лулл Раймонд 106  
Лурье 14  
Льюис 30, 34, 35, 37, 44, 49, 82, 109  
Мавролик 126, 127  
Марк Грек 102  
Маркс К. 6  
Мах 5, 17  
Менелай 91  
Метон 41

Монтюкла 30  
Мюллер 17  
Норман 128  
Оккам 100  
Папп 75  
Парацельс 139  
Парменид 20, 21  
Петрарка 109  
Пеурбах 112, 113, 119  
Пешель 37, 61  
Пикколомини 142  
Пифагор 20, 36, 73, 74  
Платон 20, 22, 23, 33, 34, 37, 38, 42  
Плиний Мл. 67  
Плиний Старш. 66, 67, 73, 106  
Плотин 73  
Плутарх 60, 61  
Поггендорф 6, 30, 76  
Порта 135, 136, 137, 138, 139  
Посидоний 63  
Прокл 73, 76  
Проут 19  
Птолемей 17, 52, 62, 63, 68, 69, 70, 71, 72, 85, 89, 95, 105, 121, 122  
Рамус 125  
Региомонтан 86, 112, 113  
Рейнгольд Эразм 122  
Сальвино Армати 107  
Секст Юлий Фронтин 68  
Сенека 66  
Скиапарелли 43  
Созиген 64  
Сократ 37, 43  
Соловьев 22  
Стевин 130, 131, 132  
Таннери 19, 26  
Тарталья 123, 124  
Телезий 126  
Теодорик 108  
Теофраст 51  
Тихо де-Браге 115, 121, 122, 133, 134, 135  
Убальди 128  
Уэвелль 30, 49  
Фалес 19, 34  
Феон 75  
Фернель 119  
Филолай 37  
Филон Византийский 25, 63  
Фирмиан Лактанций 74  
Фирмик Матерний 74  
Фишер 30  
Флейшер 126  
Фома Аквинат 99

Фор 14  
Ханыков 80, 82, 90, 92, 93  
Хвольсон 6  
Цицерон 31, 57, 60, 73  
Шварц 103  
Швейгер 33  
Шейнер 99  
Эвктемон 41  
Экфант 37  
Эмпедокл 17, 20, 21, 39, 40, 41  
Энгельс Фр. 16, 17  
Эпикур 18, 22, 51  
Эратосфен 61, 85  
Ямвлих 74  
Янсен Зах. 140

## **ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ**

- Альмагест 68, 69, 85, 95, 112
- Алхимия 83, 84
- Арабские цифры 87
- Ареометр 75
- Астрология 76
- Винт 60
- Волны воздушные 65
- Высота атмосферы 89
- Гармонические тоны 36
- Геронов фонтан 62
  - шар 62
- Гномон 35
- Градусное измерение 61, 63, 119
- Давление гидростатическое 131
- Динамика 44, 123, 130, 132
- Закон наклонной плоскости 118, 124, 130
  - отражения света 54, 88
  - преломления света 65, 69, 89, 105
  - рычага 45, 118, 128, 132
- Зрительные лучи 40, 46; 54, 70, 88
- Календарь 41, 129
- Камера-обскура 118, 137
- Капиллярность 93, 118
- Книгопечатание 111
- Компас 102, 114, 128
- Магнетизм 34, 84, 85, 110, 129, 136, 138
- Микроскоп 139, 140
- Очки 107, 108
- Падение свободное 45, 132, 139, 142, 143
- Писчая бумага 103
- Пифагорейцы 36
- Планетарий 60
- Полиспагст 60
- Порох 102
- Радуга 47, 66, 107, 126, 127
- Система мира Гиппарха 62
  - — Коперника 120
  - — Пифагора 37
  - — Птолемея 68
- Сифон 136
- Труба зрительная 106, 140
- Удельные веса 91
- Фокусное расстояние 105, 138
- Центры тяжести 58, 75, 128
- Часы башенные 109
  - водяные 62, 83
  - песочные 62
  - солнечные 35
- Элеаты 38
- Эфир 45

Редакционную работу по этой книге провел *А. П. Юшкевич*. Издание оформила *О. Н. Персиянинова*. Корректуру держала *А. П. Таринова*. Наблюдала за выпуском *А. Л. Таринова*. Рукопись сдана в производство 8/V 1933 г., листы подписаны к печати 5/III 1934 г., Книга вышла в свет в марте 1934 г., в количестве 5.000 экз., на бумаге формата 62X94<sup>1</sup>/<sub>16</sub>, печатных знаков в 1 бум. листе 99.520. Бум. листов 4<sup>5</sup>/<sub>8</sub>, авт. л. 11<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. Заказ № 907. ГТТИ № 55. Уполн. Главлита № Б 34102.