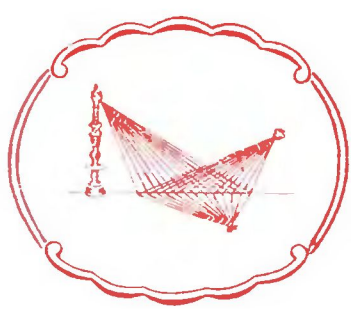
РАССУЖДЕНИЕ О МЕТОДЕ
РЕНЭ ДЕКАРТ

РЕНЭ ДЕКАРТ

РАССУЖДЕНИЕ О МЕТОДЕ

С ПРИЛОЖЕНИЯМИ ДИОПТРИКА, МЕТЕОРЫ, ГЕОМЕТРИЯ

РЕДАКЦИЯ,
ПЕРЕВОД, СТАТЬИ и КОММЕНТАРИИ
Г. Г. СЛЮСАРЕВА и А. П. ЮШКЕВИЧА



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
1953

СЕРИЯ „КЛАССИКИ НАУКИ“

основана академиком *С. И. Вавиловым.*

Редакционная коллегия:

академик *И. Г. Петровский* (председатель), академик *К. М. Быков*, академик *Б. А. Казанский*, академик *А. И. Опарин*, академик *О. Ю Шмидт*, член-корреспондент АН СССР *Н. Н. Андреев*, член-корреспондент АН СССР *Х. С. Коштоянц*, член-корреспондент АН СССР *А. М. Самарин*, член-корреспондент АН СССР *А. А. Максимов*, член-корреспондент АН СССР *Д. И. Щербаков*, член-корреспондент АН СССР *П. Ф Юдин*, доктор географических наук *Д. М. Лебедев*, доктор химических наук *Н. А. Фигуровский*, кандидат философских наук *И. В. Кузнецов*, кандидат исторических наук *Д. В. Ознобишин* (ученый секретарь).

РАССУЖДЕНИЕ О МЕТОДЕ
РЕНЭ ДЕКАРТ

РАССУЖДЕНИЕ О МЕТОДЕ,

ЧТОБЫ ХОРОШО НАПРАВЛЯТЬ СВОЙ РАЗУМ И ОТЫСКИВАТЬ ИСТИНУ В НАУКАХ

DISCOURS

DE LA METHODE

Pour bien conduire ſa raiſon, & chercher la verité dans les ſciences.

PLUS

LA DIOPTRIQVE.

LES METEORES.

ET

LA GEOMETRIE.

Qui ſont des eſſais de cete METHODE.

A LEYDE

De l'Imprimerie de IAN MAIRE.

cIↃ IↃ C XXXVII.

Avec Priuilege.

Титульный лист первого издания книги Декарта. 1637 г.

Если рассуждение это покажется слишком длинным для прочтения за один раз, то его можно разделить на шесть частей. В первой находятся различные соображения относительно наук; во второй — главные правила метода, который искал автор; в третьей — некоторые из правил нравственности, выведенных автором из этого метода; в четвертой — доводы, с помощью коих он доказывает существование бога и человеческой души, которые составляют основание его метафизики; в пятой — последовательность физических вопросов, какие он исследовал, и, в частности, объяснение движения сердца и некоторых других трудных вопросов, относящихся к медицине, а также различие, существующее между нашей душой и душой животных; и в последней — указание того, что необходимо, чтобы продвинуться в исследовании природы дальше, чем удалось автору, а также объяснение соображений, которые побудили его писать.

Глава I

СООБРАЖЕНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ НАУК

Здравомыслие есть вещь, справедливее всего распространенная в мире: каждый считает себя настолько им наделенным, что даже те, кого всего труднее удовлетворить в каком-либо другом отношении, обыкновенно не стремятся иметь здравого смысла больше, чем у них есть. При этом невероятно, чтобы все заблуждались. Это свидетельствует скорее, что

способность правильно рассуждать и отличать истину от заблуждения, — что́ собственно и составляет, как принято выражаться, здравомыслие, или разум, — от природы одинакова у всех людей. А также о том, что различие наших мнений происходит не оттого, что один разумнее другого, а только оттого, что мы направляем наши мысли различными путями и рассматриваем не те же самые предметы. Ибо недостаточно только иметь хороший разум, но главное — это хорошо применять его. Самая великая душа способна как к наибольшим порокам, так и к наибольшим добродетелям, и те, кто ходят очень медленно, могут продвинуться значительно больше, если они следуют прямым путем, по сравнению с теми, которые бегут, но удаляются от него.

Что касается меня, то я никогда не считал свой разум более совершенным, чем у других, и часто даже желал иметь столь быструю мысль или столь ясное и отчетливое воображение, или такую обширную и надежную память, как у некоторых других. Иных качеств, которые требовались бы для совершенства ума, кроме названных, указать не могу; что же касается разума или здравомыслия, то поскольку это есть единственная вещь, делающая нас людьми и отличающая нас от животных, то я хочу верить, что он полностью наличествует в каждом; следую при этом общему мнению философов, которые говорят, что количественное различие может быть только между случайными качествами, а не между формами или природами индивидуумов одного рода.

Однако не побоюсь сказать, что я имел, по моему мнению, счастье с юности попасть на некоторые пути, которые привели меня к соображениям и правилам, позволившим мне составить метод, с помощью которого я могу, как мне кажется, постепенно увеличивать мои знания и довести их мало-помалу до высшей степени, которую позволяет достигнуть посредственность моего ума и краткий срок жизни.

С помощью этого метода я собрал уже многие плоды, хотя в суждении о самом себе стараюсь склоняться более к недоверию, чем к самомнению. И хотя, рассматривая взором философа различные действия и предприятия людей, я не могу найти почти ни одного, которое не казалось бы мне суетным и бесполезным, однако я не могу не чувствовать особого удовлетворения по поводу успехов, какие, по моему мнению, я уже сделал в отыскании истины, и на будущее питаю надежды и осмеливаюсь даже думать, что если между чисто человеческими занятиями есть действительно хорошее и важное занятие, то это именно то, которое я избрал.

Впрочем, возможно, что я ошибаюсь, и то, что я принимаю за золото и алмаз, — не более как крупицы меди и стекла. Я знаю, как мы подвержены ошибкам во всем, что нас касается, и как недоверчиво должны мы относиться к суждениям друзей, когда они высказываются в нашу пользу. Но мне очень хотелось бы показать в этом рассуждении, какими путями я следовал, и изобразить свою жизнь, как на картине, чтобы каждый мог составить свое суждение и чтобы я, узнав из молвы мнения о ней, обрел бы новое средство поучения и присоединил бы его к тем, которыми обычно пользуюсь.

Таким образом, мое намерение состоит не в том, чтобы научить здесь методу, которому каждый должен следовать, чтобы хорошо направлять свой разум, а только в том, чтобы показать, каким образом старался я направлять свой собственный разум. Кто берется давать наставления другим, должен считать себя искуснее тех, кого наставляет, и если он в малейшем окажется несостоятельным, то подлежит порицанию. Но предлагая настоящее сочинение только как рассказ или, если угодно, как вымысел, где среди примеров, достойных подражания, вы, может быть, найдете такие, которым не надо следовать, я надеюсь, что оно окажется полезным некоторым, не повредив при этом никому, и что все будут благодарны за мою откровенность.

С детства я был обучен наукам, и так как меня уверили, что с их помощью можно приобрести ясное и надежное познание всего полезного для жизни, то у меня было чрезвычайно большое желание изучить эти науки. Но как только я окончил курс учения, завершаемый обычно принятием в ряды ученых, я совершенно переменил свое мнение, ибо так запутался в сомнениях и заблуждениях, что, казалось, своими стараниями в учении достиг лишь одного: все более и более убеждался в своем незнании. А между тем я учился в одной из наиболее известных школ в Европе и полагал, что если и есть на земле где-нибудь ученые люди, то именно там и должны они быть. Я изучал там все, что изучали другие, и, не довольствуясь преподаваемыми сведениями, пробегал все попадавшиеся мне под руку книги, где трактуется о наиболее редкостных и любопытнейших науках. Вместе с тем я знал, что думают обо мне другие, и не замечал, чтобы меня считали ниже товарищей, среди которых некоторые уже предназначались к занятию мест наших наставников. Наконец, наш век казался мне цветущим и богатым высокими умами не менее какого-либо из предшествующих веков. Все это дало мне смелость судить по себе о других и думать, что такой науки, какой меня вначале обнадеживали, нет в мире.

Все же я весьма ценил упражнения, которыми занимаются в школах. Я знал, что изучаемые там языки необходимы для понимания сочинений древних; что прелесть вымыслов оживляет ум; что памятные исторические деяния его возвышают и что чтение их в разумных пределах способствует образованию правильного суждения; что чтение хороших книг является как бы беседой с их авторами, наиболее достойными людьми прошлых веков, и при этом беседой подготовленной, в которой авторы раскрывают лучшую часть своих мыслей; что красноречие обладает несравненной силой и красотой, поэзия имеет пленительные тонкости и сладости; что математика представляет искуснейшие изобрете-

ния, способные удовлетворить любознательность, облегчить ремесла и уменьшить труд людей; что сочинения, трактующие о нравственности, содержат множество указаний и поучений, очень полезных и склоняющих к добродетели; что богословие научает, как достичь небес; что философия дает средство говорить правдоподобно о всевозможных вещах и удивлять мало сведущих; что юриспруденция, медицина и другие науки приносят почести и богатство тем, кто ими занимается, и что, наконец, полезно ознакомиться со всякими отраслями знания, даже с теми, которые наиболее полны суеверий и заблуждений, чтобы определить их истинную цену и не быть обманутым ими.

Но я полагал, что достаточно уже посвятил времени языкам, а также чтению древних книг с их историями и вымыслами. Ибо беседовать с писателями других веков то же самое, что путешествовать. Полезно в известной мере познакомиться с нравами разных народов, чтобы более здраво судить о наших и не считать смешным и неразумным все то, что не совпадает с нашими модами, как нередко делают люди, ничего не видевшие. Но кто тратит слишком много времени на путешествия, может стать чужим своей стране, и тот, кто слишком интересуется делами прошлых веков, обыкновенно сам становится несведущим в том, что происходит в его время. Кроме того, сказки заставляют представлять возможными такие события, которые в действительности невозможны (и таким образом поощряют нас либо предпринимать то, что выше наших сил, либо надеяться на то, что выше нашего положения). И даже в более достоверных исторических описаниях, в которых значение событий не преувеличивается и не изменяется, авторы почти всегда выпускают низменное и менее достойное славы, чтобы сделать изложение более привлекательным для чтения, и от этого и остальное представляется не таким, как было. Поэтому те, кто сообразуют свою нравственность с такими образцами, могут легко впасть

в сумасбродство рыцарей наших романов и замышлять затеи, превышающие их силы.

Я высоко ценил красноречие и был влюблен в поэзию, но полагал, что то и другое является более дарованием ума, чем плодом учения. Те, чей разум сильнее и кто лучше оттачивает свои мысли, так что они становятся ясными и понятными, всегда лучше, чем другие, могут убедить в том, что они предлагают, даже если бы они говорили по нижнебретонски и никогда не учились риторике. А те, кто одарены привлекательностью фантазии и способны нежно и красочно изъясняться, будут лучшими поэтами, хотя бы искусство поэзии было им незнакомо.

Особенно нравилась мне математика верностью и очевидностью своих рассуждений, но я еще не видел ее истинного применения, а полагал, что она служит только ремеслам, и удивился, как на столь прочном и крепком фундаменте не воздвигнуто чего-либо более возвышенного. Наоборот, сочинения древних язычников, трактующие о нравственности, я сравниваю с гордыми и великолепными дворцами, построенными лишь на песке и грязи. Они превозносят добродетели и заставляют дорожить ими превыше всего, но недостаточно научают распознавать их, и часто то, что зовут они этим прекрасным именем, оказывается не чем иным, как бесчувственностью или гордостью, или отчаянием, или отцеубийством.

Я почитал наше богословие и не менее чем кто-либо надеялся обрести путь к небу. Но узнав, как вещь вполне достоверную, что путь этот открыт одинаково как для несведущих, так и для ученейших, и что полученные путем откровения истины, которые к нему ведут, выше нашего разумения, я не осмеливался подвергать их моему слабому рассуждению и полагал, что для их успешного исследования надо получить особую помощь свыше и быть более чем человеком.

О философии скажу одно: видя, что в течение многих веков она разрабатывается превосходнейшими умами и, не-

смотря на это, в ней доныне нет положения, которое не служило бы предметом споров и, следовательно, не было бы сомнительным, я не нашел в себе такой самонадеянности, чтобы рассчитывать на больший успех, чем другие. И принимая во внимание, сколько относительно одного и того же предмета может быть разных мнений, которые могут быть поддержаны учеными людьми, тогда как истинным среди этих мнений может быть только одно, я стал считать ложным все, что было не более чем только правдоподобным.

Далее, что касается других наук, то поскольку они заимствуют начало от философии, я полагал, что на столь слабых основаниях нельзя построить ничего прочного. Почести и выгоды, которые они обещали, не были для меня достаточной приманкой, чтобы посвятить себя их изучению. Благодаря богу, я не был в положении, которое заставляло бы меня делать из науки ремесло для обеспечения своего благосостояния. И хотя я презрение к славе не считал своей обязанностью, как это делают циники, однако и не придавал себе такой цены, которую мог приобрести лишь обманным путем. Наконец что касается ложных учений, то я достаточно знал им цену, чтобы не быть обманутым обещаниями какого-нибудь алхимика, предсказаниями астролога, проделками мага, всякими хитростями и хвастовством тех, которые выдают себя за людей, знающих более того, что им действительно известно.

Вот почему, как только возраст позволил мне выйти из подчинения моим наставникам, я совсем оставил книжные занятия и решился искать только ту науку, которую мог обрести в самом себе или же в великой книге мира, и употребил остаток моей юности на то, чтобы путешествовать, увидеть дворы и армии, встречаться с людьми разных нравов и положений и собрать разнообразный опыт, испытать себя во встречах, которые пошлет судьба, и повсюду поразмыслить над встречающимися предметами так, чтобы извлечь какую-нибудь пользу из таких занятий. Ибо мне

казалось, что я могу встретить более истины в рассуждениях каждого касательно непосредственно интересующих его дел, исход которых немедленно накажет его, если он неправильно рассудил, чем в кабинетных соображениях образованного человека, не завершающихся действием и имеющих для него единственное последствие, а именно: он тем больше извлекает из них тщеславия, чем дальше они от здравого смысла, так как в этом случае ему приходится затратить больше ума и искусства, чтобы сделать их правдоподобными. Я же всегда имел величайшее желание выучиться различать истинное от ложного, чтобы отчетливее разбираться в своих действиях и уверенно двигаться в этой жизни.

Правда, в то время, когда я изучал нравы других людей, то не находил в них ничего, на что бы мог опереться, так как заметил такое же разнообразие, как ранее усмотрел в мнениях философов. Самое важное приобретение, полученное мною, было то, что я научился не придавать особой веры тому, что мне было внушено только посредством примера и обычая, так как видел, как многое из того, что кажется нам смешным и странным, оказывается общепринятым и одобряемым среди других великих народов. Так я малопомалу освободился от многих ошибок, которые могут заслонить естественный свет и сделать нас менее способными слышать голос разума. После того как я употребил несколько лет на такое изучение в книге мира и приобрел некоторый запас опыта, я принял в один день решение изучить самого себя и употребить все силы ума, чтобы выбрать пути, которым я должен следовать. Это, кажется, удалось мне в более значительной степени, чем если бы я никогда не удалялся из моего отечества и от моих книг.

Глава II

ГЛАВНЫЕ ПРАВИЛА МЕТОДА

Я находился тогда в Германии, где оказался в связи с войной, не кончившейся там и доныне. Когда я возвращался с коронации императора в армию, начавшаяся зима остановила меня на одной из стоянок, где я, не имея никаких развлекающих меня собеседников и, кроме того, не тревожимый, по счастью, никакими заботами и страстями, оставался целый день один в теплой комнате, имея полный досуг предаваться размышлениям. Среди них первым было соображение о том, что часто работа, составленная из многих частей и сделанная руками многих мастеров, не имеет такого совершенства, как работа, над которой трудился один человек. Так, мы видим, что здания, задуманные и исполненные одним архитектором, обыкновенно красивее и лучше устроены, чем те, в переделке которых принимали участие многие, пользуясь старыми стенами, построенными для других целей. Точно так же старинные города, разрастаясь с течением времени из небольших посадов и становясь большими городами, обычно столь плохо распланированы, по сравнению с городами-крепостями, построенными на равнине по замыслу одного инженера, что, хотя при рассматривании этих зданий поодиночке нередко находишь в них никак не меньше искусства, нежели в зданиях крепостей, однако при виде того, как они расположены — здесь маленькое здание, там большое — и как улицы от них становятся искривленными и неравной длины, можно подумать, что это скорее дело случая, чем разумной воли людей. А если иметь в виду, что всегда были должностные лица, заботившиеся о том, чтобы частные постройки служили к украшению города, то станет ясным, как нелегко создать что-либо законченное, имея дело только с чужим творением. Подобным образом я пришел к заключению, что народы, бывшие прежде в

полудиком состоянии и постепенно цивилизовавшиеся и составлявшие законы по мере того, как бедствия от совершаемых преступлений и возникавших жалоб принуждали их к этому, не могут иметь такие же хорошие гражданские порядки, как те, которые соблюдают установления какого-нибудь мудрого Законодателя с самого начала своего объединения. Так же очевидно, что истинная религия, законы которой установлены самим богом, должна быть несравненно лучше устроена, чем какая-либо другая. Если же говорить о людских делах, то я полагаю, что Спарта была некогда в столь цветущем состоянии не от того, что законы ее были хороши каждый в отдельности, ибо некоторые из них были очень странны и даже противоречили добрым нравам, но потому, что все они, будучи составлены одним человеком, направлялись к одной цели. Подобным образом мне пришло в голову, что и науки, заключенные в книгах, по крайней мере те, которые лишены доказательств и доводы которых лишь вероятны, сложившись и разросшись мало-помалу из мнений множества разных лиц, не так близки к истине, как простые рассуждения, которые может сделать здравомыслящий человек относительно встречающихся ему предметов.

К тому же думал я: так как все мы были детьми, прежде чем стать взрослыми, и долгое время руководились нашими склонностями и нашими наставниками, часто противоречившими один другому и, возможно, не всегда советовавшими нам лучшее, то почти невозможо, чтобы суждения наши были так чисты и прочны, какими бы они были, если бы мы владели всей полнотой нашего разума с самой минуты рождения и руководствовались бы всегда только им.

Правда, мы не наблюдаем того, чтобы разрушали все дома в городе с единственной целью переделать их по-другому и сделать улицы красивее; но мы видим, что многие ломают свои собственные дома, чтобы их перестроить, а иногда и вынуждены это сделать, когда фундамент их непрочен и дома грозят падением. На этом примере я убедился, что вряд ли прили-

чествует отдельному человеку замышлять переустройство государства, изменяя и разрушая его основы, чтобы вновь его восстановить, или затевать преобразование всей совокупности наук или порядок, установленный в школах для их преподавания. Однако, что касается мнений, приобретенных мною до того времени, я не мог предпринять ничего лучшего, как избавиться от них раз и навсегда, чтобы заменить их потом лучшими или теми же, но после согласования с требованиями разума. И я твердо уверовал, что этим способом мне удастся провести жизнь гораздо лучше, чем если бы я строил ее только на старых основаниях и опирался бы только на те начала, которые воспринял в своей юности, никогда не подвергнув сомнению, истинны ли они или нет. Ибо хотя и предвидел разные трудности, но они не были неустранимыми и их нельзя было сравнивать с теми, которые обнаруживаются при малейших преобразованиях, касающихся общественных дел. Эти громоздкие общественные образования слишком трудно восстанавливать, если они повреждены, трудно даже удержать их от падения, если они поколеблены, и падение их сокрушительно. Далее, что касается их несовершенств, если таковые имеются, — а что они существуют, в этом нетрудно убедиться по их разнообразию, — то обычай, без сомнения, сильно смягчил их и позволил безболезненно устранить и исправить многое, что нельзя было предусмотреть заранее ни при каком благоразумии. Наконец, почти всегда их несовершенства легче переносятся, чем их перемены. Так, большие дороги, извивающиеся между гор, мало-помалу становятся из-за частой езды настолько гладкими и удобными, что гораздо лучше следовать по ним, чем итти по более прямому пути, карабкаясь по скалам и спускаясь в пропасти.

Поэтому я никоим образом не одобряю беспокойного и вздорного нрава тех, которые, не будучи призваны ни по рождению, ни по состоянию к управлению общественными делами, неутомимо тщатся измыслить какие-нибудь новые

преобразования. И если бы я мог подумать, что в этом сочинении есть хоть что-нибудь, на основании чего меня можно подозревать в этом сумасбродстве, я очень огорчился бы, что опубликовал его. Мое намерение не простиралось дальше преобразования моих собственных мыслей и построения на участке, полностью принадлежащем мне. Из того, что мое произведение мне настолько понравилось, что я решился показать здесь его образцы, не следует, что я хотел посоветовать кому-либо ему подражать. Те, кого бог наделил своими милостями больше, чем меня, будут, может быть, иметь более возвышенные намерения; но я боюсь — не было бы и мое уж слишком смелым для многих. Само решение отделаться от всех принятых на веру мнений не является примером, которому всякий должен следовать. Мир составлен только из двух сортов умов, ни одному из которых мое намерение не подходит. Во-первых, из тех, которые, мня себя умнее, чем они есть на самом деле, не могут удержаться от поспешных суждений и не имеют достаточно терпения, чтобы вести свои мысли по порядку; отсюда происходит, что, раз решившись усомниться в воспринятых принципах и уклониться от общей дороги, они никогда не пойдут по стезе, которой следует держаться, чтобы итти прямо, и будут пребывать в заблуждении всю жизнь. Во-вторых, из тех, которые достаточно разумны и скромны, чтобы считать себя менее способными отличать истину от лжи, чем другие, у которых они могут поучиться. Эти должны довольствоваться тем, чтобы следовать мнениям других, не занимаясь собственными поисками лучших мнений.

Да я и сам, конечно, был бы в числе этих последних, если бы имел за все время одного учителя или не знал бы существовавшего во все времена различия в мнениях ученых. Но я еще на школьной скамье узнал, что нельзя придумать ничего столь странного и невероятного, что не было бы уже высказано кем-либо из философов. Затем, во время путешествий я убедился, что люди, имеющие поня-

тия, противоречащие нашим, не являются из-за этого варварами или дикарями, и многие из них так же или даже более разумны, чем мы. Тот же человек, с тем же умом, воспитанный с детства среди французов или немцев, становится иным, чем он был бы, живя среди китайцев или каннибалов. И вплоть до мод нашей одежды: та же вещь, которая нравилась нам десять лет тому назад и, может быть, опять понравится нам менее чем лет через десять, теперь кажется нам странной и смешной. Таким образом, привычка и пример убеждают нас больше, чем точное знание. Но при всем том большинство голосов не является доказательством, имеющим какое-нибудь значение для истин, открываемых с некоторым трудом, так как гораздо вероятнее, чтобы истину нашел один человек, чем целый народ. По этим соображениям я не мог выбрать никого, чьи мнения должен был бы предпочесть мнениям других, и оказался как бы вынужденным сам стать своим руководителем.

Но как человек, идущий один в темноте, я решился итти так медленно и с такой оглядкой, что если и мало буду продвигаться вперед, то по крайней мере буду обеспечен от падения. Я даже не хотел сразу полностью отбрасывать ни одно из мнений, которые прокрались в число моих убеждений помимо моего разума, до тех пор, пока не посвящу достаточно времени на составление плана предпринимаемой работы и на разыскание истинного метода для достижения познания всего того, к чему способен мой ум.

Будучи моложе, я изучал немного из области философии — логику, а из математики — анализ геометров и алгебру — три искусства или науки, которые, как мне казалось, должны были способствовать моему намерению. Но, изучив их, я заметил, что в логике ее силлогизмы и большинство других ее правил служат больше для объяснения другим того, что нам известно, или, как искусство Люллия, к тому, чтобы говорить без собственного суждения о том, чего не знаешь, вместо того, чтобы познавать это. Хотя логика содержит

немало очень верных и хороших правил, однако к ним примешано столько вредных и излишних, что выделить их почти так же трудно, как вызвать Диану или Минерву из куска необделанного мрамора. Что касается анализа древних и алгебры современников, то, кроме того, что они относятся к вопросам весьма отвлеченным и, повидимому, бесполезным, первый всегда так ограничен рассмотрением фигур, что не может упражнять ум, не утомляя сильно воображение; вторая — настолько подчинилась разным правилам и знакам, что превратилась в темное и запутанное искусство, затрудняющее наш ум, а не в науку, развивающую его. По этой причине я и решил, что следует искать другой метод, который совмещал бы достоинства этих трех и был бы свободен от их недостатков. И подобно тому, как обилие законов доставляет нередко повод к оправданию пороков, и государство лучше управляется, если их не много, но они строго соблюдаются, так и вместо большого числа правил, составляющих логику, я заключил, что было бы достаточно четырех следующих, только бы я принял твердое решение постоянно соблюдать их без единого отступления.

Первое: не принимать за истинное что бы то ни было, прежде чем не признал это несомненно истинным, т. е. старательно избегать поспешности и предубеждения и включать в свои суждения только то, что представляется моему уму так ясно и отчетливо, что никоим образом не сможет дать повод к сомнению.

Второе: делить каждую из рассматриваемых мною трудностей на столько частей, на сколько потребуется, чтобы лучше их разрешить.

Третье: руководить ходом своих мыслей, начиная с предметов простейших и легко познаваемых, и восходить малопомалу, как по ступеням, до познания наиболее сложных, допуская существование порядка даже среди тех, которые в естественном порядке вещей не предшествуют друг другу.

И *последнее*: делать всюду настолько полные перечни и такие общие обзоры, чтобы быть уверенным, что ничего не пропущено.

Те длинные цепи выводов, сплошь простых и легких, которыми обычно пользуются геометры, чтобы дойти до своих наиболее трудных доказательств, дали мне повод представить себе, что и все вещи, которые могут стать предметом знания людей, находятся между собой в такой же последовательности. Таким образом, если остерегаться принимать за истинное что-либо, что таковым не является, и всегда соблюдать порядок, в каком следует выводить одно из другого, то не может существовать истин ни столь отдаленных, чтобы они были недостижимы, ни столь сокровенных, чтобы нельзя было их раскрыть. Мне не представило большого труда отыскать то, с чего следовало начать, так как я знал, что начинать надо с простейшего и легко познаваемого. Приняв во внимание, что среди всех, искавших истину в науках, только математикам удалось найти некоторые доказательства, т. е. некоторые точные и очевидные соображения, я не сомневался, что и мне следовало начать с того, что было ими обследовано, хотя и не ожидал от этого другой пользы, кроме того, что они приучат мой ум питаться истиной и не довольствоваться ложными доводами. Однако я и не вознамерился изучать все те отдельные науки, которые составляют то, что называют математикой. Я видел, что, хотя их предметы различны, тем не менее все они согласуются между собой в том, что исследуют только различные встречающиеся в них отношения или пропорции, поэтому я решил, что лучше исследовать только эти отношения вообще и искать их только в предметах, которые облегчили бы мне их познание, нисколько, однако, не связывая их этими предметами, чтобы иметь возможность применять их потом ко всем другим подходящим к ним предметам. Затем, приняв во внимание, что для лучшего познания этих отношений мне придется рассматривать каждое соотношение в отдельности и лишь иногда

удерживать их в памяти или рассматривать сразу несколько, я предположил, что для лучшего исследования их в отдельности надо представлять их в виде линий, так как не находил ничего более простого или более наглядно представляемого моим воображением и моими чувствами. Но для того чтобы удерживать их и рассматривать одновременно по нескольку, требовалось выразить их возможно наименьшим числом знаков. Таким путем я заимствовал бы все лучшее из геометрического анализа и из алгебры и исправлял бы недостатки одного с помощью другой.

И действительно, смею сказать, что точное соблюдение немногих избранных мною правил позволило мне так легко разрешить все вопросы, которыми занимаются эти две науки, что, начав с простейших и наиболее общих и пользуясь каждой найденной истиной для нахождения новых, я через два или три месяца изучения не только справился со многими вопросами, казавшимися мне прежде трудными, но пришел к тому, что в конце мог, как мне казалось, определять, какими средствами и в каких пределах возможно решать даже незнакомые мне задачи. И при этом я, быть может, не покажусь вам слишком тщеславным, в особенности если вы примете во внимание, что существует лишь одна истина касательно каждой вещи, и кто нашел ее, знает о ней все, что можно знать. Так, например, ребенок, учившийся арифметике, сделав правильно сложение, может быть уверен, что нашел касательно искомой суммы все, что ум человеческий может найти; ибо метод, который учит следовать истинному порядку и точно перечислять все обстоятельства того, что ищется, обладает всем, что дает достоверность правилам арифметики.

Но что больше всего удовлетворяло меня в этом методе — это уверенность в том, что с его помощью я во всем пользовался собственным разумом, если не в совершенстве, то по крайней мере как мог лучше. Кроме того, пользуясь им, я чувствовал, что мой ум привыкает мало-помалу представ-

лять предметы отчетливо и раздельно, и хотя свой метод я не связал еще ни с каким определенным вопросом, я рассчитывал столь же успешно применить его к трудностям других наук, как это сделал в алгебре. Это не значит, что я бы дерзнул немедленно приняться за пересмотр всех представившихся мне наук, так как это противоречило бы порядку, который предписывается методом. Но приняв во внимание, что начала наук должны быть заимствованы из философии, в которой я пока еще не усмотрел достоверных начал, я решил, что прежде всего надлежало установить таковые. А так как это дело важнее всего на свете, причем поспешность или предубеждение в нем опаснее всего, то я не должен был спешить с окончанием этого дела до того времени, пока не достигну возраста более зрелого, чем двадцать три года, которые я имел тогда; пока не употреблю много времени на подготовительную работу, искореняя в моем уме все недоброкачественные мнения, до того приобретенные, накопляя запас опытов, который послужил бы материалом для моих размышлений; пока, упражняясь постоянно в принятом мною методе, смог бы в нем укрепляться более и более.

Глава III

НЕСКОЛЬКО ПРАВИЛ МОРАЛИ, ИЗВЛЕЧЕННЫХ ИЗ ЭТОГО МЕТОДА

Наконец, начиная перестройку помещения, в котором живешь, мало сломать старое, запастись материалами и архитекторами или самому приобрести навыки в архитектуре и, кроме того, иметь тщательно начертанный план, но необходимо предусмотреть другое помещение, где можно было бы с удобством поселиться во время работ; точно так же, чтобы не оставаться в нерешительности в своих действиях, пока разум обязывал меня к этому в моих суждениях, и чтобы иметь возможность прожить это время наиболее счаст-

ливо, я составил себе наперед некоторые правила морали — три или четыре, которые охотно вам сообщу.

Во-первых, повиноваться законам и обычаям моей страны, придерживаясь неотступно религии, в которой, по милости божьей, я был воспитан с детства, и руководствуясь во всем остальном мнениями наиболее умеренными, чуждыми крайностей и общепринятыми среди наиболее благоразумных людей, в кругу которых мне придется жить. Не придавая с этого времени никакой цены собственным мнениям, так как я хотел их всех еще подвергнуть проверке, я был убежден, что не могу поступить лучше, как следовать мнениям более благоразумных людей. Несмотря на то, что благоразумные люди могут быть и среди персов, китайцев, так же как и между нами, мне казалось полезнее всего сообразоваться с поступками тех, среди которых я буду жить. А чтобы знать, каковы действительно их мнения, я должен был больше обращать внимание на то, как они поступают, чем на то, что они говорят; и не только потому, что, вследствие испорченности наших нравов, имеется мало людей, готовых высказывать то, что они думают, но и потому, что многие сами этого не знают; ибо поскольку действие мысли, создающей какое-нибудь убеждение, отличается от действия мысли, посредством которой мы сознаем свою убежденность, то они часто независимы одна от другой. Между многими мнениями, одинаково распространенными, я всегда выбирал самые умеренные, как наиболее удобные в практике и, по всей вероятности, лучшие, так как всякая крайность плоха, а также и для того, чтобы в случае ошибки менее отклоняться от истинного пути, чем если бы я, выбрав одну крайность, должен был перейти к другой крайности. В особенности я отнес к крайностям все обещания, в какой-либо мере ограничивающие свободу, — не потому, что я не одобрял законов, которые ради того, чтобы притти на помощь непостоянству слабых духом, позволяют для какого-нибудь доброго намерения или — ради надежности торговли — даже для цели, безразличной добру,

давать обеты и заключать договоры, принуждающие к постоянному их соблюдению, но потому, что я не видел ничего в мире, что оставалось бы неизменным, и так как лично я стремился все более и более усовершенствовать свои суждения, а не ухудшать их, то я полагал, что совершил бы большую ошибку против здравого смысла, если бы, одобряя что-либо, я обязал бы себя считать это хорошим и тогда, когда оно перестало быть таковым или я перестал считал его таковым.

Моим вторым правилом было: оставаться наиболее твердым и решительным в своих действиях, насколько это было в моих силах, и, раз приняв какое-либо мнение, хотя бы даже сомнительное, следовать ему, как если бы оно было вполне правильным. В этом я уподоблял себя путникам, заблудившимся в лесу: они не должны кружить или блуждать из стороны в сторону, ни, тем паче, застревать на месте, но должны итти как можно прямее в одну сторону, не меняя направления по ничтожному поводу, хотя бы первоначально всего лишь случайность побудила их избрать именно это направление. Если он и не придет к своей цели, то все-таки выйдет куда-нибудь, где ему, по всей вероятности, будет лучше, чем среди леса. Так как житейские дела часто не терпят отсрочки, то несомненно, что если мы не в состоянии отличить истинное мнение, то должны в таком случае довольствоваться наиболее вероятным. И даже в случае, если мы между несколькими не усматриваем разницы в степени вероятности, все же должны решиться на какое-нибудь одно и принимать его по отношению к практике не как сомнительное, но как вполне верное, по той причине, что были верны соображения, заставившие нас избрать его. Этого оказалось достаточным, чтобы избавить меня от всяких раскаяний и угрызений, обыкновенно беспокоящих совесть слабых и колеблющихся умов, часто непоследовательно резрешающих себе совершать как нечто хорошее то, что потом признают за дурное.

Третьим моим правилом было: всегда стремиться побеждать скорее себя, чем судьбу, изменяя свои желания, а не порядок мира, и вообще привыкнуть к мысли, что в полной нашей власти находятся только наши мнения и что после того, как мы сделали все возможное с окружающими нас предметами, то, что нам не удалось, следует рассматривать как нечто абсолютно невозможное. Этого одного казалось мне достаточно, чтобы помешать мне в будущем желать чего-либо сверх уже достигнутого и таким образом находить удовлетворение. Ибо поскольку наша воля по самой природе вещей стремится только к тому, что наш разум представляет ей так или иначе возможным, то очевидно, что, рассматривая внешние блага одинаково далекими от наших возможностей, мы не станем сожалеть о том, что лишены тех благ, на которые, казалось бы, имеем право по своему рождению, если сами не виновны в этом лишении, как не сожалеем о том, что не владеем Китаем или Мексикой. Обратив, как говорится, нужду в добродетель, мы также не возжелаем стать здоровыми, будучи больными, или свободными, находясь в темнице, как и теперь не желаем иметь тело из столь же несокрушимого вещества, как алмаз, или иметь крылья, чтобы летать, как птицы. Признаюсь, что требуется продолжительное упражнение и повторное размышление, чтобы привыкнуть смотреть на вещи под таким углом. В этом, я думаю, главным образом состоял секрет философов, которые некогда умели поставить себя вне власти судьбы и, несмотря на страдания и бедность, соперничать в блаженстве с богами. Постоянно изощряясь в постижении пределов, поставленных природой, они пришли к убеждению, что в их власти находятся только их мысли, и одного этого было достаточно, чтобы не стремиться ни к чему другому; мыслями же они владычествовали так неограниченно, что имели основание почитать себя богаче, могущественнее, более свободными и счастливыми, чем люди, не имеющие такой философии и никогда не обладающие всем, чего они

желают, несмотря на то, что им благоприятствуют и природа и счастье.

Наконец, в завершение этой морали, я предпринял обозрение различных занятий людей в этой жизни, чтобы постараться выбрать лучшее из них. Не касаясь занятий других, о своих я решил, что нет ничего лучшего, как продолжать те, которыми я занимаюсь, т. е. посвятить всю мою жизнь совершенствованию моего разума и подвигаться, насколько буду в силах, в познании истины по принятому мною методу. С тех пор как я начал пользоваться этим методом, я испытал много раз чрезвычайное наслаждение, приятнее и чище которого вряд ли можно получить в этой жизни. Открывая каждый день при помощи моего метода некоторые, на мой взгляд, важные истины, обыкновенно неизвестные другим людям, я проникался таким чувством удовлетворения, что все остальное для меня как бы не существовало. Замечу, что три предыдущие правила имели источником намерение продолжать изыскание истины; так как бог дал каждому из нас способность различать ложное от истинного, то я ни на минуту не счел бы себя обязанным следовать мнениям других, если бы не предполагал использовать собственное суждение для их проверки, когда наступит время. Я упрекал бы себя в том, что следую чужим мнениям, если бы не надеялся, что это меня не лишает возможности найти лучшие, буде таковые имеются. Наконец, я не мог бы ограничить свои желания и быть довольным, если бы не шел по пути, который, я был уверен, не только обеспечивал мне приобретение всех истинных знаний, к которым я способен, но и вел к приобретению всех доступных мне истинных благ. Наша воля стремится к какой-нибудь цели или избегает ее в зависимости от того, представляет ли ее наш разум хорошей или дурной. А потому достаточно правильно судить, чтобы правильно поступать, и достаточно самого правильного рассуждения, дабы и поступать наилучшим образом, т. е. чтобы приобрести все добродетели и вместе с ними все доступные блага. Уверенность

в том, что это так, не может не вызвать большого удовлетворения.

Удостоверившись в этих правилах и обеспечив себя ими вместе с истинами религии, которые всегда были первыми в моем веровании, я счел себя вправе избавиться от всех остальных своих мнений. И думая, что лучше достигну цели, общаясь с людьми, чем оставаясь дома, у очага, где у меня возникли эти мысли, я, не дожидаясь окончания зимы, опять отправился путешествовать. Целые девять следующих лет я ничем иным не занимался, как скитался по свету, стараясь быть более зрителем, чем действующим лицом, во всех разыгравшихся передо мною комедиях. По поводу каждого предмета я размышлял, в особенности о том, что может делать его сомнительным и вовлечь нас в ошибку, и искоренял между тем из моего ума все заблуждения, какие прежде могли в него закрасться. Но я не подражал, однако, тем скептикам, которые сомневаются только для того, чтобы сомневаться, и притворяются в постоянной нерешительности. Моя цель, напротив того, была достичь уверенности и, отбросив зыбучие наносы и песок, найти твердую почву. Это мне удавалось, кажется, довольно хорошо, тем более, что при стараниях открыть ложность или сомнительность исследуемых положений не с помощью слабых догадок, а посредством ясных и надежных рассуждений я не встречал ни одного сомнительного положения, из которого нельзя было бы извлечь какого-либо надежного заключения, хотя бы того, что в этом положении нет ничего достоверного. И подобно тому, как при сломе старого здания обыкновенно сохраняют разрушенные части для постройки нового, так и я, разрушая все свои мнения, которые считал необоснованными, делал разные наблюдения и приобретал опыт, послуживший мне потом для установления новых, более надежных мнений. В то же время я продолжал упражняться в принятом мною методе. Таким образом, стараясь вообще вести свои мысли согласно его правилам, я время от времени уделял несколько часов спе-

циально на то, чтобы упражняться в приложении метода к трудным проблемам математики или других наук, которые я как бы уподоблял математическим, освобождая их от исходных положений других наук, по моему мнению не достаточно прочных. Примеры этого можно найти во многом, что изложено в этом томе. Таким-то образом, не отличаясь по видимости от тех, чьим единственным занятием является проводить в невинности тихую жизнь, стремясь отделять удовольствия от пороков, и, во избежание скуки при полном досуге, прибегать ко всем пристойным удовольствиям, я жил, не прекращая преследовать свое намерение, и преуспевал в познании истины более, чем если бы только занимался чтением книг и посещением ученых людей.

Впрочем, эти девять лет протекли прежде, чем я принял какое-либо решение относительно трудностей, служащих обычно предметом споров между учеными, и начал обдумывать основания новой философии, более достоверной, чем общепринятая. Пример многих превосходных умов, которые брались за это прежде меня, но, как мне казалось, безуспешно, заставлял меня представлять себе дело окруженным такими трудностями, что я, может быть, долго еще не решился бы приступить к нему, если бы до меня не дошли слухи, будто я его успешно завершил. Не знаю, что дало повод к такому утверждению. Если я и содействовал немного этому своими речами, то лишь признаваясь в своем незнании более откровенно, чем это обыкновенно делают люди, чему-нибудь учившиеся, а может быть, и указывая основания, почему сомневался во многих вещах, считавшихся другими достоверными, но уж никак не похвальбой своего учения. Но имея достаточно совести, чтобы не желать быть принятым за большее, чем я есть на самом деле, я считал, что должен приложить все усилия, чтобы сделаться достойным сложившейся репутации. Ровно восемь лет тому назад это желание побудило меня удалиться от всех мест, где мог иметь знакомства, и уединиться здесь в стране, где продолжительная

война породила такие порядки, что содержимые здесь войска кажутся предназначены к тому, чтобы с большей безопасностью пользоваться плодами мира, и где в толпе деятельного народа, более заботящегося о своих делах, чем любопытного к чужим, я могу, не лишая себя всех удобств большого города, жить в таком уединении, как в самой отдаленной пустыне.

Глава IV

ДОВОДЫ, ДОКАЗЫВАЮЩИЕ СУЩЕСТВОВАНИЕ БОГА И БЕССМЕРТИЕ ДУШИ, ИЛИ ОСНОВАНИЕ МЕТАФИЗИКИ

Не знаю даже, должен ли я говорить о первых размышлениях, которые у меня там возникли. Они носят столь метафизический характер и столь необычны, что, может быть, не всем понравятся. Однако чтобы можно было судить, насколько прочны принятые мною основания, я некоторым образом принужден говорить о них. С давних пор я заметил, что в вопросах жизненного поведения необходимо иногда мнениям, заведомо сомнительным, следовать так, как если бы они были бесспорны. Об этом уже было сказано выше. Но так как в это время я желал заняться исключительно изысканием истины, то считал, что должен поступить совсем наоборот, т. е. отбросить как безусловно ложное все, в чем мог вообразить малейший повод к сомнению, и посмотреть, не останется ли после этого в моих воззрениях чего-либо уже вполне несомненного. Таким образом, так как чувства нас иногда обманывают, я допустил, что нет ни одной вещи, которая была бы такова, какой она нам представляется; и поскольку есть люди, которые ошибаются даже в простейших вопросах геометрии и делают в них паралогизмы, то я, считая и себя способным ошибаться не менее других, отбросил как ложные все доводы, которые прежде принимал за доказательства. Наконец, принимая во внимание, что любое представление, которое мы имеем в бодрствующем состоянии, может явиться нам и во сне, не будучи действительностью,

я решился представить себе, что все, когда-либо приходившее мне на ум, не более истинно, чем видения моих снов. Но я тотчас обратил внимание на то, что в то самое время, когда я склонялся к мысли об иллюзорности всего на свете, было необходимо, чтобы я сам, таким образом рассуждающий, действительно существовал. И заметив, что истина: *я мыслю, следовательно, я существую*, так тверда и верна, что самые сумасбродные предположения скептиков не могут ее поколебать, я заключил, что могу без опасений принять ее за первый принцип искомой мною философии.

Затем, внимательно исследуя, что такое я сам, я мог вообразить себе, что у меня нет тела, нет никакого мира, места, где я находился бы, но я никак не мог представить себе, что вследствие этого я не существую, а напротив, из того, что я сомневался в истине других предметов, ясно и несомненно следует, что я существую. А если б я перестал мыслить, то хотя бы все остальное, что я когда-либо себе представлял, и было истинным, все же не было основания для заключения о том, что я существую. Из этого я узнал, что я — субстанция, вся сущность или природа которой состоит в мышлении и которая для своего бытия не нуждается в месте и не зависит ни от какой материальной вещи. Таким образом мое Я, или душа, которая делает меня тем, что я есмь, совершенно отлична от тела и ее легче познать, чем тело; и если бы его и вовсе не было, она не перестала бы быть тем, чем она есть.

Затем я рассмотрел, что требуется вообще, чтобы то или иное положение было истинно и достоверно; ибо, найдя одно положение достоверно истинным, я должен был также знать, в чем заключается эта достоверность. И заметив, что в истине положения *„я мыслю, следовательно, я существую“* убеждает меня единственно ясное представление, что для мышления надо существовать, я заключил, что можно взять за общее правило следующее: все, что мы представляем себе вполне ясно и отчетливо, — все истинно. Однако некоторая

трудность заключается в правильном различении того, что именно мы способны представлять себе вполне отчетливо.

Вследствие чего, размышляя о том, что раз я сомневаюсь, значит я существо не вполне совершенное, ибо я вполне ясно различал, что полное постижение — это нечто большее, чем сомнение, я стал искать, откуда я приобрел способность мыслить о чем-нибудь более совершенном, чем я сам, и понял, что это должно притти от чего-либо, по природе действительно более совершенного. Что касается мыслей о многих других вещах, находящихся вне меня, как о небе, земле, свете, тепле и тысяче других, то я не так затруднялся ответить, откуда они явились. Ибо заметив, что в моих мыслях о них нет ничего, что ставило бы их выше меня, я мог думать, что если они были истинными, то это зависит от моей природы, насколько она наделена некоторыми совершенствами; если же они ложны, то происходят из ничего, т. е. находятся во мне потому, что у меня чего-то недостает. Но это не может относиться к идее существа, более совершенного, чем я. Получить ее из ничего — вещь явно невозможная; не мог я создать ее сам, ибо допустить, чтобы более совершенное было следствием менее совершенного, так же неприемлемо, как и предположить возникновение какой-либо вещи из ничего. Оставалось допустить, что эта идея вложена в меня тем, чья природа совершеннее моей и кто соединяет в себе все совершенства, доступные моему воображению, то есть, говоря одним словом, — богом. К этому я добавил, что, поскольку я знаю некоторые совершенства, каких у меня самого нет, то я не являюсь единственным существом, имеющим бытие (если вы разрешите пользоваться схоластическими терминами), но что по необходимости должно быть некоторое другое существо, более совершенное, чем я, от которого я завишу и от которого получил все, что имею. Ибо, если бы я был один и не зависел ни от кого другого, так что имел бы от самого себя то немногое, что я имею общего с высшим существом, то мог бы на том же основании

получить от самого себя и все остальное, которого, я знаю, мне недостает. Таким образом, я мог бы сам стать бесконечным, вечным, неизменяемым, всеведущим, всемогущим и, наконец, обладал бы всеми совершенствами, которые я могу приписать божеству. Соответственно этим последним соображениям, для того чтобы познать природу бога, насколько мне это доступно, мне оставалось только рассмотреть все, о чем я имею представление, с точки зрения того, является ли обладание ими совершенством или нет, и я приобрел бы уверенность в том, что все то, что носит признаки несовершенства, отсутствует в нем, а все совершенное находится в нем. Таким образом, у него не может быть сомнений, непостоянства, грусти и тому подобных чувств, отсутствие которых радовало бы меня. Кроме того, у меня были представления о многих телесных и чувственных предметах, ибо хотя я и предполагал, что грежу и все видимое и воображаемое мною является ложным, я все же должен был признать, что представления эти действительно присутствовали в моих мыслях. Но познав отчетливо, что разумная природа во мне отлична от телесной, и сообразив, что всякое соединение свидетельствует о зависимости, а зависимость, очевидно, является недостатком, я заключил отсюда, что состоять из двух природ не было бы совершенством для бога и, следовательно, он не состоит из них. А если во вселенной и имеются какие-либо тела, сознания или иные естества, не имеющие всех совершенств, то существование их должно зависеть от его могущества, так что без него они не могли бы просуществовать и одного мгновения.

После этого я решил искать другие истины. Я остановился на объекте геометров, который я представлял себе непрерывным телом, или пространством, неограниченно простирающимся в длину, ширину и высоту или глубину, делимым на разные части, которые могли иметь разную форму и величину и могли двигаться и перемещаться любым образом (так как геометры наделяют свой объект всеми этими свой-

ствами), и просмотрел некоторые из простейших геометрических доказательств. Приняв во внимание то, что большая достоверность, которую все приписывают им, основывается — в соответствии с правилом, в свое время мною указанным, — лишь на очевидности, я заметил, с другой стороны, что в них самих нет ничего, что убеждало бы меня в самом существовании этого объекта геометров. Например, я ясно видел, что если дан треугольник, необходимо заключить, что сумма трех углов его равна двум прямым, но я не видел в этом еще ничего, что бы убеждало меня в существовании в мире какого-либо треугольника. А между тем, возвращаясь к рассмотрению идеи совершенного существа, я находил, что существование заключается в представлении о нем, точно так же, как в представлении о треугольнике — равенство его углов двум прямым, или как в представлении о сфере — одинаковое расстояние всех ее частей от центра, или еще очевиднее. А потому утверждение, что бог — совершеннейшее существо — есть и существует, по меньшей мере так же достоверно, насколько достоверно геометрическое доказательство.

Причина, почему многие убеждены, что трудно познать бога и уразуметь, что такое душа, заключается в том, что они никогда не поднимаются выше того, что может быть познано чувствами, и так привыкли рассматривать все с помощью воображения, которое представляет собою лишь определенный род мышления о материальных вещах, что все, чего нельзя вообразить, кажется им непонятным. Это явствует также из того, что философы держатся в своих учениях правила, что ничего не может быть в сознании, чего не было прежде в чувствах, а идеи бога и души там никогда не было. Мне кажется, что те, кто хотят пользоваться воображением, чтобы понять эти идеи, поступают так, как если бы хотели пользоваться зрением, чтобы услышать звук или обонять запах, но с той, впрочем, разницей, что чувство зрения убеждает нас в достоверности предметов

не менее, чем чувства слуха и обоняния, тогда как ни наше воображение, ни чувства никогда не могут убедить нас в чем-либо, если не вмешается наш разум.

Наконец, если существуют еще люди, которых и приведенные доводы не убедят в существовании бога и их души, то пусть они узнают, что все другое, во что они, быть может, более верят, как, например, что они имеют тело, что есть звезды, земля и тому подобное, — все это менее достоверно. Ибо хотя и есть нравственная уверенность в подлинности этих вещей, так что, не впадая в чудачество, невозможно сомневаться в них, однако, когда дело касается метафизической достоверности, то нельзя, не отступая от логической последовательности, отрицать, что есть основание не быть в них вполне уверенными. Стоит только отметить, что точно так же можно вообразить во сне, что мы имеем другое тело, видим другие звезды, другую землю, тогда как на самом деле ничего этого нет. Ибо откуда мы знаем, что мысли, приходящие во сне, более ложны, чем другие? Ведь часто они столь же живы и выразительны. Пусть лучшие умы разбираются в этом, сколько им угодно; я не думаю, чтобы они могли привести достаточное основание для устранения этого сомнения, если не предположить бытие бога. Ибо, во-первых, само правило, принятое мною, а именно, что вещи, которые мы представляем себе вполне ясно и раздельно, все истинны, имеет силу только вследствие того, что бог существует и является совершенным существом, от которого проистекает все в нас сущее. Отсюда следует, что наши идеи или понятия, будучи реальностями и происходя от бога, должны быть истинны во всем том, что в них есть ясного и отчетливого. И если мы довольно часто имеем такие представления, заключающие в себе ложь, то это именно суть представления, содержащие нечто смутное и темное, по той причине, что они причастны небытию. Они потому в нас неясны и сбивчивы, что мы не совершенны. Очевидно, что одинаково недопустимо, чтобы ложь и

несовершенство как таковые проистекали от бога и чтобы истина и совершенство приходили от небытия. Но если бы мы не знали, что все, что есть в нас реального и истинного, происходит от существа совершенного и бесконечного, то как бы ясны и отчетливы ни были наши представления, мы не имели бы основания для уверенности в том, что они обладают совершенством истины.

После того как познание бога и души убедило нас в упомянутом правиле, легко понять, что сновидения нисколько не должны заставлять нас сомневаться в истине мыслей, которые мы имеем наяву. Если и случилось, что и во сне пришли вполне отчетливые мысли, например геометр нашел новое доказательство, то его сон не мешал бы этому доказательству быть верным. Что же касается самого обыкновенного обмана, вызываемого нашими снами, состоящего в том, что они представляют нам различные предметы точно так, как их представляют наши внешние чувства, то неважно, что этот обман дает повод сомневаться в истине подобных представлений, так как они могут обманывать нас и без сна. Так, больные желтухой видят все в желтом цвете, звезды и другие отдаленные предметы кажутся много меньше, чем на самом деле. И, наконец, спим ли мы или бодрствуем, мы должны доверяться в суждениях наших только очевидности нашего разума. Надлежит заметить, что говорю — нашего разума, а не воображения или чувства. Хотя солнце мы видим очень ясно, однако не должны судить, что оно такой величины, как мы его видим; можно также отчетливо представить себе львиную голову на теле козы, но вовсе не следует заключать отсюда, что на свете существует химера. Ибо разум вовсе не требует, чтобы все подобным образом видимое или воображаемое нами было истинным, но он указывает, что все наши представления или понятия должны иметь какое-либо основание истины, ибо невозможно, чтобы бог, всесовершенный и всеправедный, вложил их в нас без такого фундамента. А так как наши

рассуждения во время сна никогда не бывают столь ясны и целостны, как во время бодрствования, хотя воображаемые образы бывают иногда так же живы и выразительны, то разум указывает нам, что в мыслях наших, не могущих быть всегда верными по причине нашего несовершенства, во время бодрствования должно быть больше правды, чем во время сна.

Глава V

ПОРЯДОК ФИЗИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ

Мне хотелось бы показать здесь всю цепь других истин, которые я вывел из этих первых. Но так как для этого сразу пришлось бы говорить о многих вопросах, составляющих предмет споров между учеными, с которыми я не желал бы портить отношения, то я предпочитаю воздержаться и указать только, какие это вообще вопросы, предоставляя более мудрым судить, полезно ли подробнее ознакомить с ними публику. Остаюсь тверд в решении не исходить из какого-либо другого принципа, кроме того, которым я воспользовался для доказательства бытия бога и души, и не считать ничего истинным, что не казалось бы мне более ясным и верным, чем казались прежде геометрические доказательства. И тем не менее я осмеливаюсь сказать, что я не только нашел средство в короткое время удовлетворительно решить главные трудности, обычно трактуемые в философии, но открыл также некоторые законы, которые бог так установил в природе и понятия о которых так вложил в наши души, что мы после некоторого размышления не можем сомневаться в том, что законы эти точно соблюдаются во всем, что есть и происходит в мире. Потом, рассматривая совокупность этих законов, мне кажется, что я открыл многие истины, более полезные и более важные, чем все прежде изученное и даже чем то, что надеялся изучить.

Но так как я постарался разъяснить главные из них в особом сочинении, от издания которого меня удержи-

вают некоторые соображения, то полагаю, что лучше всего могу ознакомить с ними, изложив здесь кратко его содержание. Я имел намерение включить в него все, что считал известным мне до его написания относительно природы материальных вещей. Но, подобно художникам, не имеющим возможности на плоской картине изобразить все стороны объемного предмета и избирающим одну из главных, которую ярче изображают, а остальные затемняют и показывают лишь настолько, насколько они видны при рассматривании предмета, — так и я, опасаясь, что буду не в состоянии включить в мой трактат все, что имел в мыслях, решил изложить обстоятельно лишь то, что знаю касательно света, а затем по поводу его прибавить кое-что о солнце и неподвижных звездах, откуда главным образом и происходит свет, о небесных пространствах, через которые он проходит, о планетах, кометах и земле, которые его отражают, и особо обо всех земных телах, — ибо они бывают цветные или прозрачные, или светящиеся, — и, наконец, о человеке, наблюдающем все эти тела. Но чтобы несколько затенить все это и иметь возможность более свободно высказывать свои соображения, не будучи обязанным опровергать мнения, принятые учеными, или им следовать, я решил предоставить весь этот мир их спорам и говорить только о том, что произошло бы в новом мире, если бы бог создал где-либо в воображаемых пространствах достаточно вещества для его образования и привел бы в беспорядочное движение различные части этого вещества так, чтобы образовался хаос, столь запутанный, как только могут вообразить поэты, и затем, лишь оказывая свое обычное содействие природе, предоставил бы ей действовать по законам, им установленным. Таким образом, я прежде всего описал это вещество и старался изобразить его так, что в мире нет ничего, по моему мнению, более ясного и понятного, за исключением того, что сказано было мною о боге и душе. Я даже нарочно предположил, что это вещество не имеет никаких форм и качеств, о которых

спорят схоласты, ни вообще чего-либо, познание чего не было бы так естественно для нашего ума, что даже нельзя было бы притвориться не знающим его. Кроме того, я показал, каковы законы природы, и, опираясь в своих доводах только на принцип бесконечного совершенства божия, я постарался доказать все те законы, относительно которых могли быть сомнения, и показать, что даже если бы бог создал много миров, то между ними не было бы ни одного такого, где они не соблюдались бы. Потом я показал, как в силу этих законов бóльшая часть материи хаоса должна была расположиться так, что образовала бы нечто, подобное нашим небесам, и как при этом некоторые ее части, соединяясь, должны были образовать землю, планеты, кометы, а другие — солнце и неподвижные звезды. И здесь, распространяясь о свете, я подробно объяснил, каков свет, который должен быть в солнце и звездах, как он оттуда мгновенно пробегает неизмеримые небесные пространства и как он отражается от планет и комет к земле. К этому я прибавил соображения, касающиеся сущности, положения, движений и всех разнообразных свойств этих небес и звезд. Таким образом, казалось мне, я достаточно сказал, чтобы могли понять, что среди свойств нашего мира не замечается ничего, что не должно или не могло бы оказаться подобным свойством мира, описанного мною. Затем я говорил особо о земле, и нарочно, не делая предположения, что бог вложил тяготение в вещество, составляющее землю, показал, что все ее частицы тем не менее должны стремиться к центру; показал, как при существовании на ее поверхности воды и воздуха расположение небес и светил, а в особенности луны, должно вызывать на ней приливы и отливы, совершенно подобные тому, какие при тех же обстоятельствах наблюдаются в наших морях, а также некоторое особое течение воды и воздуха от востока к западу, равным образом наблюдаемое под тропиками. Я показал, как горы, моря, родники и реки могли образоваться естественным путем,

как металлы — появиться в недрах земли, растения — возрасти на полях и вообще народиться все тела, называемые смешанными и сложными. Не зная, за исключением небесных светил, ничего на свете, что бы производило свет, помимо огня, я постарался как можно понятнее разъяснить все, что относится к его природе: как он образуется, чем поддерживается, как он иногда дает теплоту без света, а иногда свет без теплоты; каким образом он может придавать разным телам разную окраску и различные другие свойства; как он плавит одни тела, а другие делает более твердыми; как он почти все сжигает или превращает в дым и золу и, наконец, как из этой золы, единственно неукротимой силою своего действия, образует стекло. Так как это превращение золы в стекло мне казалось одним из наиболее удивительных в природе, то я описал его с особою охотой.

Однако я не хотел из всего этого сделать вывод, что наш мир был создан описанным мною образом, ибо более вероятно, что бог с самого начала сотворил его таким, каким ему надлежало быть. Но достоверно (это мнение общепринято у богословов), что действие, каким он сохраняет теперь мир, тождественно тому, каким он его создал: так что, если бы даже он дал миру первоначально форму хаоса и, установив законы природы, содействовал ее нормальному развитию, можно полагать, не нанося ущерба чуду творения, что в силу одного этого все чисто материальные вещи могли бы с течением времени сделаться такими, какими мы видим их теперь; к тому же их природа гораздо легче познается, когда мы видим их постепенное развитие, чем когда рассматриваем их как вполне уже образовавшиеся.

От описания неодушевленных тел и растений я перешел к описанию животных и в особенности человека. Но так как я не имел еще достаточно знания, чтобы говорить о них таким же образом, как об остальном, т. е. выводя следствия из причин и показывая, как и из каких семян природа должна их производить, я ограничился предположением,

что бог создал тело человека подобным нашему как по внешнему виду членов, так и по внутреннему устройству органов, сотворив его из той самой материи, которую я описывал, и не вложил в него вначале никакой разумной души и ничего, что могло бы служить жизненной или чувствующей душой, а только возбудил в его сердце один из тех огней без света (упомянутый мною ранее), который нагревает сено, сложенное в сыром состоянии, или вызывает брожение в молодом вине, оставленном вместе с виноградными кистями. Рассматривая воздействия, вызванные этим огнем в теле, я нашел все отправления, какие могут происходить в нас, не сопровождаясь мышлением и, следовательно, без участия нашей души, т. е. той отличной от тела части, природа которой, как сказано выше, состоит в мышлении. Это те отправления, которые являются общими как для животных, лишенных разума, так и для нас. Я не нашел ни одного из них, связанных с мышлением, которое являлось бы в то же время единственным, принадлежащим нам как людям. Я нашел их все впоследствии, когда предположил, что бог создал разумную душу и соединил ее с телом определенным, описанным мною образом.

Но чтобы можно было до известной степени видеть, каким образом я рассматривал эти вопросы, я хочу поместить здесь объяснение движения сердца и артерий, первое и важнейшее, что наблюдается у животных, и по чему легко судить обо всех других. А дабы легче понимать излагаемое мною, я желал бы, чтобы лица, несведущие в анатомии, прежде чем читать это, заставили разрезать перед собою сердце какого-нибудь большого животного, имеющего легкие, — оно совершенно подобно человеческому, — и обратили бы внимание на две находящиеся там камеры, или полости. Одна на правой стороне, и ей соответствуют две весьма широкие трубки, а именно: полая вена, главный приемник крови и как бы ствол дерева, ветвями которого являются все другие вены тела, и вена артериальная, неправильно так

именуемая, так как в действительности это — артерия, выходящая из сердца и разделяющаяся на многие ветви, распространяющиеся по легким. Другая полость на левой стороне, которой также соответствуют две трубки, столь же или еще более широкие, чем предыдущие, а именно: во-первых, венозная артерия, тоже неудачно названная, ибо она не что иное, как вена, идущая от легких, где она разделена на несколько ветвей, переплетающихся с ветвями артериальной вены и с ветвями прохода, называемого горлом, через которое вдыхается воздух; во-вторых, большая артерия, которая, выходя из сердца, посылает свои ветви по всему телу. Я желал бы также, чтобы читателям тщательно показали одиннадцать пленок, которые, как дверцы, открывают и закрывают четыре отверстия, находящиеся в этих двух полостях, а именно: три — при входе полой вены, расположенные так, что позволяют содержащейся в ней крови втекать в правую полость сердца, но не дают выходить обратно из нее; три — при входе артериальной вены, повернутые в обратную сторону и позволяющие крови, находящейся в этой полости, итти в легкие, но не позволяющие крови, находящейся в легких, обратно течь в сердце; подобным же образом — две при входе венозной артерии, позволяющие крови течь из легких в левую полость сердца, но препятствующие ее возвращению, и три — при входе большой артерии, позволяющие крови выходить из сердца, но препятствующие ей течь обратно. Нет надобности искать иного объяснения числа этих пленок, чем то, что отверстие венозной артерии овальное и благодаря занимаемому им месту легко может закрываться двумя клапанами, тогда как другие отверстия — круглые — удобнее закрываются тремя. Кроме того, я желал бы, чтобы читателям показали, что большая артерия и артериальная вена — более твердого и прочного строения, чем венозная артерия и полая вена, и что эти две последние расширяются перед входом в сердце и образуют как бы два мешка, именуемые ушками сердца и состоящие из вещества, подобного ткани сердца; что в сердце

всегда более теплоты, чем в какой-либо иной части тела; и, наконец, что эта теплота способна, как только капля крови войдет в полость сердца, вызвать быстрое набухание и расширение, как это бывает вообще, когда какая-нибудь жидкость капля за каплей падает в горячий сосуд.

После этого, чтобы объяснить движение сердца, мне достаточно сказать, что когда его полости не наполнены кровью, она необходимо должна втекать через полую вену в правую, а через венозную артерию — в левую полость, так как эти два кровеносных сосуда постоянно наполнены кровью, а отверстия, открывающиеся в сторону сердца, не могут быть закупорены. Но как только две капли крови вошли в полости, одна в правую, другая в левую, поскольку капли эти довольно большие, так как входят через широкие отверстия и из сосудов, наполненных кровью, они разрежаются и расширяются под действием теплоты, какую они там находят. Вследствие этого, раздувая все сердце, они толкают и закрывают пять малых дверец, находящихся у входа двух сосудов, откуда они раньше вышли, и препятствуют, таким образом, дальнейшему проникновению крови в сердце. Продолжая расширяться все больше и больше, они толкают и открывают шесть других маленьких дверец, находящихся при входе двух других сосудов, откуда они выходят, раздувая почти одновременно с сердцем ветви артериальной вены и большой артерии. Затем сердце и артерии немедленно опадают и сжимаются по той причине, что вошедшая в артерии кровь охлаждается. Шесть малых дверец закрываются, а пять, соответствующие полой вене и венозной артерии, открываются, давая доступ двум другим каплям, вновь раздувающим, подобно предыдущим, сердце и артерии. А так как кровь, входя в сердце, проходит через два мешка, называемые ушками, то отсюда проистекает, что их движение противоположно движению сердца, и они сжимаются, когда оно раздувается. Впрочем, для того, чтобы те, которые не знают силы математических доказательств и не

привыкли различать истинные доводы от правдоподобных, не вздумали без исследования опровергать изложенное, я желаю предупредить их, что указанное мною движение с необходимостью следует из расположения органов в сердце, которое можно видеть глазом, из теплоты, ощущаемой пальцами, и из природы крови, с которой можно ознакомиться на опыте. Движение это также необходимо следует из указанного, как движение часов следует из силы, расположения и фигуры гирь и колес.

Но если спросят, каким образом не истощается венозная кровь, втекая постоянно в сердце, и как не переполняются кровью артерии, куда направляется вся кровь, проходящая через сердце, могу только повторить ответ, приведенный в сочинении английского врача,[1] которому следует воздать хвалу за то, что он первый пробил лед в этом месте и показал, что на концах артерий находится множество мелких протоков, через которые кровь, получаемая ими из сердца, входит в малые ветви вен, откуда снова направляется к сердцу, так что движение ее есть не что иное, как постоянное кругообращение. Он очень хорошо доказывает это обыкновенным опытом хирургов, которые, легко перевязав руку выше места, где вскрывают вену, получают струю более обильную, чем если бы перевязки не было. Но получилось бы обратное, если бы они перевязали руку ниже, между кистью и разрезом, или очень крепко — выше этого последнего. Очевидно, слабо затянутая перевязка препятствует крови, находящейся уже в руке, возвращаться к сердцу через вены, но не мешает притоку новой через артерии, ибо они лежат глубже вен и имеют стенки более плотные и не столь легко сжимаемые, и кровь, идущая из сердца, стремится с большею силою через них к кисти руки, чем возвращаясь оттуда к сердцу через вены. А так как кровь

[1] В оригинальном издании имеется на полях ссылка на сочинение Гарвея, открывшего в 1629 г. циркуляцию крови. *Ред.*

выходит из руки через разрез одной из вен, то необходимо должен быть какой-нибудь проток ниже перевязки, т. е. у оконечности руки, через который она может пройти из артерий. Он доказывает также это кровообращение существованием маленьких клапанов, расположенных в разных местах вдоль вен так, что они не позволяют крови итти от середины тела к конечностям, но только возвращаться от конечностей к сердцу, а также опытом, показывающим, что вся кровь тела может вытечь из него в короткое время через одну артерию, если она перерезана, хотя бы она была очень крепко перевязана недалеко от сердца и перерезана между сердцем и перевязкой, так что нет основания допустить, что она пришла откуда либо, кроме сердца.

Но есть много и других оснований, свидетельствующих, что истинная причина движения крови есть та, какую я указал. Во-первых, разница между кровью, выходящей из вен, и кровью, выходящей из артерий, происходит оттого, что кровь, разреженная и как бы дестиллированная при прохождении через сердце, при выходе из него, т. е. в артериях, становится легче, менее густой и более теплой, чем она была в венах перед входом в сердце. Присмотревшись внимательнее, можно заметить, что эта разница ясно наблюдается вблизи сердца, а не в отдаленных от него местах. Затем плотность стенок артериальной вены и большой артерии показывает нам, что кровь ударяет в них сильнее, чем в стенки вен. И отчего левая полость сердца и большая артерия объемистее и шире, чем правая полость и артериальная вена, как не оттого, что кровь венозной артерии, прошедшая только через легкие, по выходе из сердца более тонка и разрежается сильнее и легче, чем кровь, идущая непосредственно из полой вены. И что могут угадать врачи, щупая пульс, если они не знают, что кровь, смотря по изменениям своей природы, от теплоты сердца может расширяться сильнее или слабее прежнего, быстрее или медленнее прежнего? И если рассмотреть, как эта теплота передается другим

органам, то не следует ли признать, что это производится кровью, которая, пройдя через сердце и нагреваясь там, распространяется оттуда по всему телу. Поэтому, если лишить крови какую-нибудь часть тела, то отнимется от нее и теплота. И даже если бы сердце было нагрето, как раскаленное железо, этого было бы недостаточно для того, чтобы разогревать руки и ноги так, как их греет сердце, если бы только оно постоянно не посылало туда кровь. Затем мы узнаем отсюда, что истинное действие дыхания заключается в том, что оно приносит в легкие достаточно свежего воздуха *для того, чтобы кровь, поступающая* туда из правой части сердца, где она разрежалась и как бы превращалась в пар, снова обратилась бы из пара в кровь. Без этого, поступая в левую полость сердца, она не могла бы служить там пищей огня. Это подтверждается тем, что у животных, не имеющих легких, в сердце имеется только одна полость, а также тем, что у детей, находящихся в утробе матери и не пользующихся легкими, имеется отверстие, через которое кровь из полой вены вливается в левую полость сердца, и проток, через который кровь из артериальной вены течет в большую артерию, не проходя через легкие. Далее, как бы могло происходить пищеварение в желудке, если бы сердце не посылало туда теплоты с помощью артерий и с нею некоторых наиболее текучих частей крови, способствующих растворению пищи? А действие, обращающее пищевой сок в кровь, не разъясняется ли тем, что он дестиллируется вновь и вновь, проходя через сердце, может быть, более ста или двухсот раз в сутки? И для объяснения питания и образования различных выделений в теле достаточно сказать, что та же сила, при помощи которой кровь, разрежаясь, продвигается из сердца к концам артерий, задерживает некоторые части крови в органах, через которые они проходят, и замещает там другие части, вытесняемые оттуда, и что при этом, смотря по положению, фигуре и малости пор, встречаемых кровью, одни ее части вступают в известные места

скорее других, подобно тому, как зерна разделяются между собою, проходя через сито с разными отверстиями, что может наблюдать каждый. Наконец, наиболее замечательное во всем этом — образование жизненного духа, который, как тончайший ветер, или, лучше сказать, как в высшей степени чистое и подвижное пламя, постоянно в большом количестве восходит от сердца к мозгу, а оттуда через нервы к мускулам и приводит члены в движение. При этом нет надобности воображать какую-нибудь иную причину того, что части крови, наиболее подвижные и легко проникающие, служащие для образования жизненного духа, идут от сердца именно в мозг, а не в иное место, кроме той, что артерии, несущие кровь в мозг, идут по наиболее прямому пути. А по законам механики, тождественным с законами природы, когда несколько предметов стремятся двигаться вместе в одну сторону, где нет достаточно места для всех, так же как, в частности, стремятся по направлению к мозгу части крови, выходящие из левой полости сердца, — слабейшие и наименее подвижные оттесняются более сильными, которые и проходят одни.

Я довольно подробно изложил все это в сочинении, которое прежде намеревался издать. Затем я показал там, каково должно быть устройство нервов и мускулов человеческого тела, чтобы его жизненный дух имел в них силу двигать члены, подобно тому, как только что отрезанные головы двигаются и кусают землю, хотя уже не одушевлены. Я показал, какие изменения должны происходить в мозгу, чтобы вызывать бодрствование, сон и сновидения; как свет, звуки, запахи, вкус, тепло и все другие качества внешних предметов могут через посредство чувств запечатлевать там разные представления; как голод, жажда и другие внутренние состояния оказываются способными, в свою очередь, направлять представления в мозг; я показал, что там должно быть принято в качестве вместилища чувств, воспринимающего эти представления, в качестве памяти, сохраняющей их, воображения,

способного их различно преобразовывать и производящего новые идеи, могущего путем распределения жизненного духа в мускулах двигать члены рассматриваемого тела столькими различными способами, — как под влиянием внешних предметов, действующих на чувства, так в результате внутренних аффектов — с какими двигаются члены нашего тела в том случае, когда их не направляет сознательная воля. Это не покажется странным тем, которые знают, сколько разных автоматов и самодвижущихся инструментов может сделать человеческое искусство, пользуясь немногими деталями, сравнительно с великим множеством костей, мускулов, нервов, артерий, вен и всех других частей, встречающихся в теле каждого животного; они будут рассматривать это тело как машину, которая, будучи сделана руками божьими, без сравнения лучше устроена и имеет движения более удивительные, чем могут иметь машины, изобретенные людьми.

В особенности я старался показать здесь, что если бы существовали такие машины, которые имели органы и внешний вид обезьяны или другого неразумного животного, то мы не имели бы никакого средства узнать, что они не той же природы, как эти животные. Но если бы сделать машины, которые имели бы сходство с нашим телом и подражали бы нашим действиям, насколько это мыслимо, то мы имели бы все же два верных средства узнать, что это не настоящие люди. Во-первых, такая машина никогда не могла бы пользоваться словами или другими знаками, сочетая их так, как это делаем мы, чтобы сообщать другим свои мысли. Можно, конечно, представить себе, что машина так сделана, что произносит слова и даже некоторые из них произносит в связи с телесным воздействием, вызывающим то или иное изменение в ее органах, как, например, если тронуть ее в каком-нибудь месте и она спросит, что от нее хотят, тронуть в другом — закричит, что ей больно, и тому подобное. Но никак нельзя себе представить, что она расположит слова различным образом, чтобы ответить на смысл сказанного в ее присутствии, на

что, однако, способны самые тупые люди. Во-вторых, хотя такая машина многое могла бы сделать так же хорошо и может быть лучше, чем мы, в других непременно оказалась бы несостоятельною и обнаружила бы, что действует не сознательно, а лишь благодаря расположению органов. Ибо в то время как разум — универсальное орудие, могущее служить при самых разных обстоятельствах, органы машины нуждаются в особом расположении для каждого отдельного действия. Отсюда — немыслимо, чтобы в машине было столько различных расположений, чтобы она могла действовать во всех случаях жизни так, как нас заставляет действовать разум.

С помощью этих же двух средств можно узнать разницу между человеком и животным, ибо замечательно, что нет людей настолько тупых и глупых, не исключая и полоумных, которые бы не были способны связать вместе несколько слов и составить из них речь, чтобы передать мысль. Напротив, нет ни одного животного, как бы совершенно оно ни было и в каких бы счастливых условиях ни родилось, которое могло бы сделать нечто подобное. Это происходит не от недостатка органов, ибо сороки и попугаи могут произносить слова, как и мы, но не могут, однако, говорить, как мы, т. е. показывая, что они мыслят о том, что говорят, тогда как люди, родившиеся глухонемыми и лишенные, подобно животным, органов, служащих другим людям для речи, обыкновенно сами изобретают некоторые знаки, которыми они объясняются с людьми, находящимися около них и имеющих досуг изучить их язык. Это свидетельствует не только о том, что животные менее одарены разумом, чем люди, но о том, что они совсем не имеют его. Ибо мы видим, что требуется очень немного разума, чтобы уметь говорить, а поскольку наблюдается известное неравенство между животными одного рода, равно как и между людьми, причем одни легче поддаются обучению, чем другие, поскольку невероятно, чтобы обезьяна или попугай, совершеннейшие в своем роде, не сравнялись с наиболее глупым ребенком — или по крайней

мере с ребенком, у которого мозг поврежден, — если бы их душа не обладала природой, совершенно отличной от нашей. И не следует ни смешивать дара слова с отражающими страсти природными движениями, которым могут подражать машины так же, как и животные, ни, подобно некоторым древним, полагать, что животные говорят, но мы не понимаем их языка; если бы это было справедливо, то они, имея органы, сходные с нашими, могли бы объясняться с нами, как и с подобными себе. Замечательно также, что хотя многие животные обнаруживают более, чем мы, искусства в некоторых действиях, однако в других совсем его не обнаруживают, поэтому то, что они лучше нас действуют, не доказывает, что они имеют разум; ибо по такому расчету они обладали бы им в большей мере, чем любой из нас, и делали бы все лучше нас; это доказывает именно, что они разума не имеют, и природа в них действует сообразно расположению их органов, подобно тому, как часы, состоящие только из колес и пружин, точнее показывают и измеряют время, чем мы со всем нашим разумом.

Затем я описал разумную душу и показал, что ее никак нельзя извлечь из свойств материи, как все прочее, о чем я говорил, но что она должна быть особо создана, и недостаточно, чтобы она помещалась в человеческом теле, как кормчий на своем корабле, только разве затем, чтобы двигать его члены; необходимо, чтобы она была теснее соединена и связана с телом, чтобы возбудить чувства и желания, подобные нашим, и таким образом создавать настоящего человека. Впрочем, я здесь несколько распространился о душе по той причине, что это один из важнейших вопросов. За исключением заблуждения отрицающих бога, заблуждения, по-моему, достаточно опровергнутого выше, нет ничего, что бы удаляло слабые умы дальше от прямого пути добродетели, как мысль о том, что душа животных имеет ту же природу, что и наша, и что, следовательно, нам, наравне с мухами и муравьями, не к чему стремиться и не на что надеяться

после смерти; тогда как зная, сколь наши души отличны от души животных, гораздо легче понять доводы, доказывающие, что наша душа имеет природу, совершенно не зависимую от тела и, следовательно, не подвержена смерти одновременно с ним. А поскольку не заметно других причин, которые могли бы ее разрушить, то, естественно, из этого складывается заключение об ее бессмертии.

Глава VI

ЧТО НЕОБХОДИМО, ЧТОБЫ ПРОДВИНУТЬСЯ ВПЕРЕД В ИССЛЕДОВАНИИ ПРИРОДЫ

Уже три года прошло с тех пор, как я окончил трактат, содержащий все изложенное. Я начал его пересматривать, чтобы передать в руки издателя, когда узнал, что лица, которых уважаю и чей авторитет для моих действий не меньше, чем авторитет собственного разума по отношению к моим мыслям, не одобрили одного предложения из области астрономии, опубликованного ранее другим автором. Я не хочу сказать, что придерживаюсь этого мнения, но до этого осуждения я не заметил ничего в нем, что бы мог вообразить себе предосудительным с точки зрения религии или государства и что воспрепятствовало бы мне самому написать об этом, если бы разум убедил меня в его достоверности. Это заставило меня опасаться, нет ли все же и среди моих взглядов чего-либо ошибочного, несмотря на то, что я прилагал большое старание, чтобы принимать лишь такие положения, для которых имел совершенно верные доказательства, и не писать ничего, что могло повредить кому-либо. Этого было достаточно, чтобы заставить меня изменить решение опубликовать свой труд. И хотя доводы, по которым я принял свое первоначальное решение, были очень сильны, моя давнишняя ненависть к ремеслу писателя немедленно подска-

зала мне другие, чтобы уклониться от него. Те и другие доводы таковы, что не только я сам несколько заинтересован в том, чтобы их изложить, но и читатели, может быть, пожелают их узнать.

Я никогда не придавал большого значения мыслям, исходившим из моего разума, и поскольку я не собрал других плодов от метода, которым пользуюсь, за исключением удовлетворения от преодоления некоторых трудностей умозрительных наук, или от того, что старался направить мое поведение согласно правилам, которым этот метод меня учил, я и не считал себя обязанным об этом писать. Что касается нравов, каждый столь избыточно наделен своим собственным мнением о них, что нашлось бы столько реформаторов, сколько голов, если было бы позволено совершать здесь перемены кому-либо, кроме тех, кого бог поставил государями над народами или кому дал благодать и силу быть пророками. И хотя мои умозрения мне очень нравились, я счел, что и другие имеют свои, которые им, может быть, нравятся еще больше. Однако, как только я приобрел некоторые общие понятия относительно физики и заметил, испытывая их в разных трудных частных случаях, как далеко они могут вести и насколько они отличаются от принципов, которыми пользовались до сих пор, я решил, что не могу их скрывать, не греша сильно против закона, который обязывает нас по мере сил наших содействовать общему благу всех людей. Эти основные понятия показали мне, что можно достичь знаний, очень полезных в жизни, и что вместо умозрительной философии, преподаваемой в школах, можно создать практическую, с помощью которой, зная силу и действие огня, воды, воздуха, звезд, небес и всех прочих окружающих нас тел, так же отчетливо, как мы знаем различные ремесла наших мастеров, мы могли бы наравне с последними использовать и эти силы во всех свойственных им применениях и стать, таким образом, как бы господами и владетелями природы. Такие знания желательны не только для того, чтобы

изобретать множество приемов, позволяющих без труда наслаждаться плодами земли и всеми благами, на ней находящимися, но главным образом для сохранения здоровья, которое, без сомнения, есть первое благо и основание всех других благ этой жизни. Дух так сильно зависит от темперамента и от расположения органов тела, что если можно найти какое-либо средство сделать вообще людей более мудрыми или более ловкими, чем они были до сих пор, то я думаю, что его надо искать в медицине. Правда, нынешняя медицина содержит мало такого, польза чего была бы значительна, но, не имея намерения хулить ее, я уверен, что нет человека даже среди занимающихся ею по профессии, который не признался бы, что все известное в ней почти ничто по сравнению с тем, что предстоит узнать, и что можно было бы избавиться от множества болезней как тела, так и духа, а может быть даже от старческой слабости, если бы имели достаточно знаний об их причинах и тех лекарствах, которыми снабдила нас природа. Возымев намерение посвятить всю жизнь исканию столь необходимой науки, я, найдя путь, долженствующий, кажется мне, безошибочно привести к ней, если краткость жизни или недостаток опыта тому не помешает, полагал, что нет лучше средства против этих двух препятствий, как добросовестно сообщать публике то немногое, что найду, и побуждать способные умы итти далее, содействуя каждый по своим склонностям и возможностям опытам, которые необходимо сделать, сообщая все приобретенное народу с тем, чтобы последующие начинали там, где кончили их предшественники, и соединяя, таким образом, жизнь и труд многих, мы бы все совместно продвинулись значительно дальше, чем мог бы сделать каждый отдельно.

Что касается опытов, то я заметил, что они тем более необходимы, чем далее мы продвигаемся в знании. Ибо для начала лучше пользоваться лишь теми, которые сами представляются нашим чувствам и о которых нам невозможно оставаться в неведении при малейшем о них размышлении; это

лучше, чем искать редких и надуманных. Доводом в пользу этого является то, что такие опыты часто обманывают нас, когда мы не знаем еще причин наиболее простых, а обстоятельства, от которых они зависят, почти всегда так исключительны и скрыты, что их крайне трудно обнаружить. Порядок, которого я здесь придерживался, таков: во-первых, я старался вообще найти начала и первопричины всего, что существует и может существовать в мире, рассматривая для этой цели только бога, сотворившего его, и выводя их только из тех непреложных истин, которые естественно заложены в наших душах. После этого я рассмотрел, каковы первые и наиболее простые следствия, которые можно вывести из этих причин; и мне кажется, что таким путем я нашел небеса, звезды, землю и даже воду, воздух, огонь, минералы на земле и другие вещи, являющиеся наиболее обыкновенными и простыми, а потому и более доступными познанию. Затем, когда я захотел перейти к более частным следствиям, мне представилось их большое разнообразие, и я пришел к мысли, что человеческий ум не в силах отличить формы и виды тел, существующих на земле, от множества других, которые могли бы быть на ней, если бы бог захотел поместить их там. Следовательно, обратить их на пользу можно только, продвигаясь от следствий к причинам и используя многочисленные частные опыты. Именно в силу этого, пробегая мысленным взором предметы, которые когда-либо представлялись моим чувствам, я смею сказать, что не заметил ни одной вещи, которую бы не мог с удобством объяснить с помощью начал, найденных мною. Но я должен также сознаться, что могущество природы так обширно и широко, а начала мои так просты и общи, что мне не представляется никакого частного следствия, которое не могло бы быть выведено из начал несколькими различными способами, так что самым трудным для меня было найти способ, с помощью которого эта зависимость выражалась наилучшим образом. Ибо тут я не знаю другого приема, как вновь подобрать несколько

опытов с тем, чтобы их исход различался в зависимости от того, каким способом приходится объяснить это действие. Впрочем, я уже достиг того, что, кажется, хорошо различаю, каких обходных путей требует большинство опытов, которые могли бы служить этой цели. Но я вижу также, что опыты эти такого свойства и столь многочисленны, что для них не хватило бы ни моих рук, ни моего состояния, будь у меня его в тысячу раз больше, чем я имею. Таким образом, впредь я смогу продвигаться в познании природы в соответствии с возможностью производить много или мало опытов. Я обещал себе высказать это в трактате, который я написал. Там же я старался так ясно показать всю пользу, которую может извлечь из этого общество, что тем самым побудил всех желающих общего блага, т. е. тех, кто добродетелен на деле, а не тех, кто лишь притворяется таковым или является таким лишь в мнении других, — сообщать мне о проделанных опытах, а также помочь мне в отыскании тех, которые еще осталось сделать.

Но с тех пор мне представились другие доводы, побудившие меня изменить свое намерение, и я стал думать, что должен по мере открытия новых истин излагать их письменно, если они мне покажутся важными, и прилагать такое старание, как если бы я хотел их напечатать. Это принуждало к более подробному их исследованию, так как, без сомнения, мы более тщательно рассматриваем то, что должно быть просмотрено многими, чем то, что делаем для себя. Часто вещи, казавшиеся мне истинными, когда я лишь начинал думать о них, оказывались ложными, когда я излагал их на бумаге. Вместе с тем, чтобы не терять ни одного случая принести пользу обществу, если я к этому способен и если мои сочинения имеют какую-либо цену, я хотел, чтобы те, к кому они попадут после моей смерти, могли использовать их наилучшим способом. Но я никоим образом не должен соглашаться на издание их при жизни, чтобы ни противоречия, ни споры, которые они могут вызвать, ни известность, какая бы

она ни была, которую они могли бы доставить, не отняли бы у меня времени, которое я намерен посвятить изучению. Правда, каждый человек по мере сил обязан заботиться о благе других, и тот, кто не приносит пользы другим, ничего не стоит. Однако верно так же и то, что наши заботы должны простираться дальше настоящего времени, и лучше пренебречь тем, что может принести некоторую пользу живущим людям, с целью заняться тем, что принесет больше пользы нашим потомкам. Мне действительно хочется, чтобы знали, что то немногое, что я узнал, почти ничто по сравнению с тем, что́ мне неизвестно и что́ я не теряю надежды изучить. Те, которые мало-помалу открывают истину в науке, сходны с теми, которые, становясь богаче, тратят меньше труда на бо́льшие приобретения, чем они ранее тратили на гораздо меньшие, пока были бедны. Их можно также сравнить с полководцами, силы которых обычно возрастают по мере их побед и которым требуется больше искусства, чтобы удержаться после поражения, чем для того, чтобы брать города и провинции после победы. Ибо стремиться побеждать все трудности и заблуждения, мешающие нам достичь познания истины, есть поистине то же, что давать сражение, а составить ложное мнение относительно какого-либо важного и общего предмета — то же, что потерпеть поражение; впоследствии потребуется больше искусства, чтобы оправиться и притти в прежнее положение, чем его нужно было для достижения больших успехов, когда располагаешь вполне обоснованными принципами.

Что касается меня, то если раньше я и открыл несколько научных истин (содержимое этого тома, я надеюсь, убеждает в том, что это мне удалось), то я могу сказать, что они суть следствия и выводы из пяти или шести преодоленных мной главных затруднений, преодоление которых я рассматриваю как сражение, где счастие было на моей стороне. Я даже не побоялся бы сказать, что, выиграй я еще два или три подобных сражения, — и я считал бы, что привел мои

планы в исполнение; возраст же мой не столь преклонен, чтобы я, согласно обычному течению природы, не мог иметь достаточно досуга для совершения этого. Но я полагаю, что я тем более обязан беречь время, остающееся у меня, чем больше у меня надежды хорошо использовать его. А, без сомнения, я имел бы много случаев терять его, если бы обнародовал основания моей физики; хотя почти все они настолько очевидны, что достаточно услышать их, чтобы с ними согласиться, и нет между ними ни одного, которого я не мог бы доказать, однако невозможно, чтобы они совпали со всеми различными мнениями других людей; поэтому я предвижу, что меня будут часто отвлекать возражениями, которые они вызовут.

Можно сказать, что эти возражения были бы мне полезны постольку, поскольку они укажут мне мои ошибки и поскольку, если у меня есть что-либо хорошее, таким путем другие лучше это уразумеют. А так как несколько человек могут видеть больше, чем один, то, пользуясь уже сейчас открытыми мною принципами, они могли бы также помочь мне своими изобретениями. Но хотя я, признаюсь, чрезвычайно склонен впадать в заблуждения и почти никогда не доверяюсь первым приходящим мне мыслям, однако имеющийся у меня опыт не позволяет надеяться мне извлечь пользу от возражений, которые могут быть мне сделаны: ибо я часто проверял суждения как тех, которых я почитал своими друзьями, так и тех, кого я считал беспристрастными, и даже тех, кого злоба и зависть побуждали раскрывать то, что благосклонность скрывала от друзей. Но редко случалось, чтобы мне возражали что-либо не предвиденное мною, разве нечто крайне далекое от моего предмета. Таким образом, я почти никогда не встречал критика моих мнений, который представился бы мне более строгим и более справедливым, чем я сам. И я никогда не замечал, чтобы с помощью диспутов, практикуемых в школах, была бы открыта истина, дотоле неизвестная, ибо когда каждый старается победить, тогда более

заботятся набить цену правдоподобию, а не взвешивать доводы той и другой стороны. И те, которые долго были хорошими адвокатами, не становятся благодаря этому лучшими судьями.

Что касается пользы, которую другие получили бы из опубликования моих мыслей, то она также не может быть весьма значительной, так как я эти мысли не развил настолько, чтобы не было необходимости многое к ним добавить, прежде чем их применять на практике. И я думаю, что могу сказать без тщеславия, что если кто-либо способен к этому, то это скорее я, чем кто-либо иной: не потому, чтобы на свете не было множества умов, несравненно лучших, чем мой, но потому, что нельзя понять и усвоить мысль, сообщенную другим так же хорошо, как если бы сам до нее дошел. Это настолько верно в данном случае, что хотя я нередко излагал некоторые из моих положений людям весьма высокого ума, и они, казалось, понимали меня вполне ясно, пока я им излагал, потом, когда они их пересказывали, я замечал, что они почти всегда так изменяли мои мысли, что я не мог признать их за свои. Вследствие этого пользуюсь случаем просить наших потомков никогда не верить, когда им говорят, что та или другая мысль исходит от меня, и считать моим только то, что я сам обнародовал; меня нисколько не удивляют те странности, которые приписываются древним философам, сочинения которых не дошли до нас, и я не считаю их за это неразумными, так как они были лучшими умами своего времени, а полагаю, что их мысли нам переданы плохо. Это видно также из того, что их последователи их не превзошли. Я уверен, что наиболее страстные из нынешних последователей Аристотеля сочли бы себя счастливыми, имей они такое же знание природы, какое имел он, даже при условии, что они никогда не превысят его в этом отношении. Они подобны плющу, который не стремится подняться выше дерева, его поддерживающего, а поднявшись до его вершины, нередко спускается вниз; ибо мне кажется также, что и эти

опускаются, становясь менее знающими, чем были бы, воздержавшись от учения: не довольствуясь знанием того, что вразумительно изложено автором, они хотят у него найти, сверх того, решение многих вопросов, о которых он ничего не говорит, а может быть, никогда не думал. Однако их способ философствования очень удобен для посредственных умов, ибо неясность принципов, которыми они пользуются, позволяет им говорить обо всем так смело, как если бы они это знали, и все свои утверждения защищать против самых тонких и искусных противников, не поддаваясь переубеждению. В этом они кажутся мне похожими на слепого, который, чтобы драться на равных условиях со зрячим, завел бы его в темный подвал. Эти люди заинтересованы в том, чтобы я воздержался от опубликования моих принципов философии. Так как они крайне просты и очевидны, то, публикуя их, я как бы приоткрывал окна и впускал свет в подвал, куда противники спустились, чтобы драться. Но даже лучшие умы не имеют повода желать с ними ознакомиться; ибо если они хотят уметь говорить обо всем на свете и приобрести славу ученого человека, они легче достигнут этого, довольствуясь правдоподобием, которое можно легко найти во всякого рода вопросах, чем отыскивая истину, раскрывающуюся с трудом лишь в некоторых из них и требующую откровенного признания в своем неведении, лишь речь заходит о прочих. Если же они предпочитают знание нескольких немногих истин тщеславию казаться все знающими (а это, без сомнения, предпочтительно) и хотят следовать моему примеру, то достаточно того, что я уже сказал в настоящем „Рассуждении“; ибо если они способны пойти дальше меня, то тем более они откроют то, к чему я сам пришел. Поскольку я все исследовал по порядку, то очевидно, что то, что мне еще предстоит открыть, несомненно, само по себе более трудно и сокровенно, чем то, что я встретил до сих пор: им будет менее приятно узнать это от меня, чем самим найти. Кроме того, опыт, который они приобретут, исследуя сначала легкие вопросы и

переходя постепенно к более сложным, принесет им более пользы, чем все наставления, которые я мог бы дать. Что касается меня, я убежден, что если бы меня в юности научили всем истинам, доказательства которых я потом искал, если бы я познал их без всякого труда, я, может быть, не узнал бы никаких других, или, по крайней мере, никогда не приобрел бы того опыта и способности, какими я, надеюсь, обладаю теперь, чтобы находить новые по мере того, как я их разыскиваю. Одним словом, если на свете есть какое-либо произведение, которое может быть успешно закончено только тем, кто его начал, то это именно то, над которым я работаю.

Правда, что касается потребных для этого опытов, то они таковы, что один человек не был бы в состоянии их произвести; но, с другой стороны, он не мог бы успешно использовать другие руки, кроме своих, разве только еще руки ремесленников и вообще оплачиваемых людей, которых надежда заработка — весьма действительное средство — побудит в точности делать то, что им предписано. Что касается любителей, которые из любопытства или из желания поучиться могут предложить свои услуги, не говоря уже о том, что они обычно более обещают, чем выполняют, а также делают хорошие предложения, из которых никогда ни одно не удается, они неизбежно потребуют себе платы в виде объяснения некоторых трудностей или, по крайней мере, в виде комплиментов и бесполезных разговоров, что всегда обойдется дороже, как бы мало времени ни было затрачено. Относительно же опытов, произведенных другими, даже если бы последние согласились их сообщить автору (чего, конечно, никогда не сделают те, кто их считает секретами), надлежит сказать, что эти опыты сопровождаются таким количеством условий и не относящихся к делу обстоятельств, что не легко выявить в них истину; кроме того, они оказались бы почти все плохо истолкованными и даже ложными вследствие того, что те, кто их выполнили, старались бы подогнать к своим принципам; а если некоторые из них и пригодились бы, то

едва ли они окупят время, потраченное на их отбор. Таким образом, если бы существовал человек, заведомо способный открывать самые важные и самые полезные вещи для общества и если бы другие люди старались ради этого всяческими способами помочь ему в осуществлении его планов, то, по-моему, самое лучшее, что они могли бы сделать для него, это — предоставить ему средства на расходы по опытам, в которых он нуждается, и не позволить никому нарушать его досуг. Но даже, не будучи столь высокого мнения о себе, чтобы обещать что-нибудь необыкновенное, я не обольщаю себя пустой надеждой, что общество должно особенно интересоваться моими планами; я не столь низок душой, чтобы принять от кого бы то ни было милость, которую могут счесть незаслуженной.

Все эти соображения, взятые вместе, были причиной того, что три года тому назад я не захотел опубликовывать уже готовый трактат и даже принял решение в течение моей жизни не выпускать другого, столь же общего, из которого можно было бы узнать основания моей физики. Но потом два новых соображения побудили меня напечатать здесь несколько „Опытов", посвященных специальным вопросам, и тем самым отчитаться в моих действиях и планах. Первое соображение заключается в том, что если бы я не выполнил этого, то многие, знавшие мое прежнее намерение опубликовать некоторые сочинения, могли бы подумать, что причины моего воздержания менее благоприятны для моего доброго имени, чем это есть на самом деле; хотя я не чрезмерный любитель славы и даже, смею сказать, ненавижу ее, поскольку считаю, что она нарушает покой, который ценю выше всего, однако я никогда не старался скрывать моих действий, словно преступления, и никогда не прибегал к особым предосторожностям, чтобы оставаться неизвестным, как потому, что счел бы это несправедливым по отношению к самому себе, так и потому, что это также причинило бы мне те или иные заботы, нарушающие полное

спокойствие ума, которого я ищу; таким образом, оставаясь всегда равнодушным к славе и к неизвестности, я не мог воспрепятствовать приобретению некоторого рода репутации и считал необходимым делать все возможное, чтобы не заслужить дурной. Второе соображение, заставляющее меня написать это сочинение, следующее: с каждым днем все более и более замедляется исполнение моего намерения приобрести знания; это происходит от необходимости проводить большое число опытов, которые без посторонней помощи нельзя было выполнить; я не надеюсь на большое участие общества в моей работе, однако я не хочу погрешить перед самим собою и дать тем, кто переживет меня, повод упрекнуть меня когда-нибудь в том, что, не объяснив им, в чем они могли содействовать моим намерениям, я лишил себя возможности передать им ряд сведений в гораздо лучшем виде.

Тогда я решил, что мне легко выбрать несколько вопросов, которые, не давая повода к большим спорам и не обязывая меня разъяснять мои принципы больше, чем желаю, могут, однако, с достаточной ясностью показать, что я могу и чего не могу достигнуть в науках. Не знаю, удалось ли это мне, и не хочу предварять суждения других, говоря сам о своих сочинениях; но я буду очень рад, если их станут проверять, а для того, чтобы дать к этому больше поводов, я усерднейше прошу всех, кто имеет какие-либо возражения, потрудиться прислать их моему издателю; уведомленный им, я постараюсь дать немедленно ответ. Таким образом, читатели, имея одновременно возражение и ответ, будут легче судить, кто прав. При этом обещаю не давать длинных ответов, но только либо откровенно признаться в своих ошибках, если замечу их, либо, если не смогу их заметить, высказать просто то, что считаю необходимым в защиту написанного мною, не пускаясь в изъяснение каких-либо новых вопросов, чтобы не продолжать спора без конца.

Если же некоторые из положений, излагаемых мною в начале „Диоптрики“ и „Метеоров“, возбудили сначала

некоторое недоумение по той причине, что я называю их предположениями и как будто не собираюсь их обосновывать, то прошу иметь терпение прочесть все со вниманием; я надеюсь, что всех удовлетворю, так как доводы даны в такой последовательности, что последние доказываются первыми, которые являются их причинами, а эти в свою очередь доказываются последними, которые представляют собой их следствия. И не следует думать, что я совершаю ошибку, называемую логиками порочным кругом, так как опыт с полной достоверностью подтверждает большинство указываемых следствий; причины, из коих они выводятся, служат не столько для их доказательства, сколько для объяснения, и наоборот, сами доказываются следствиями. Я назвал их предположениями лишь потому, что я считаю возможным вывести их из первых истин, объясненных мной выше; но не хочу этого делать нарочно. Умам, воображающим, что они в один день с двух-трех слов могут узнать все то, что другой обдумывал двадцать лет, и тем более способным впадать в заблуждение и удаляться от истины, чем они проницательнее и живее, хотелось мне помешать использовать случай для возведения на том, что они примут за мои начала, какую-нибудь сумасбродную философию, ошибочность которой будет приписана мне. Что же касается воззрений, принадлежащих целиком мне, я не считаю, что новизна является для них извинением, тем более, что при тщательном рассмотрении их оснований они окажутся, по моему убеждению, настолько простыми и согласными со здравым смыслом, что они покажутся менее необычными и странными, чем всякие другие, какие можно иметь о тех же предметах. Я не хвастаюсь тем, что я их первый открыл, но ставлю себе в заслугу, что принял их не потому, что они были прежде высказаны другими, и не потому, что они никем никогда не были высказаны, но единственно потому, что меня убедил разум.

Хотя бы мастера и не умели сразу применить изобретение, изложенное мною в „Диоптрике", я не думаю, чтобы

из этого следовало, что оно плохое; требуется много искусства и опыта, чтобы построить и наладить описываемые мной машины так, чтобы не опустить ничего существенного; я был бы не менее удивлен, если бы это удалось им сразу, как если бы удалось кому-нибудь в один день выучиться отлично играть на лютне только потому, что у него была хорошая нотная таблица.

Если я пишу по-французски, на языке моей страны, а не по-латыни, на языке моих наставников, то это объясняется надеждой, что те, кто пользуется только естественным своим разумом в его полной чистоте, будут судить о моих мнениях лучше, чем те, кто верит только древним книгам; что касается людей, соединяющих здравый смысл с ученостью, каковых я единственно и желаю иметь своими судьями, то, я уверен, они не будут столь пристрастны к латыни, чтобы отказаться прочесть мои доводы только по той причине, что я изложил их на общенародном языке.

Впрочем, я не хочу здесь говорить более подробно об успехах, какие надеюсь сделать в будущем в науках; не желаю связывать себя перед обществом обещаниями, в исполнении которых я не уверен; я скажу только, что я решился употребить то время, какое остается мне жить, только на то, чтобы постараться приобрести некоторое познание природы, такое, чтобы из него можно было выводить более надежные правила медицины, чем мы имеем до сих пор. Мои наклонности удаляют меня от других намерений, особенно тех, в которых польза для одного непременно сочетается с вредом для другого; поэтому если бы обстоятельства меня принудили заниматься ими, то едва ли смог бы ожидать успеха. Заявляю здесь об этом, хотя знаю, что это заявление не придаст мне особого значения в свете, но я и не добиваюсь этого. Я всегда буду считать себя облагодетельствованным более теми, по милости которых я беспрепятственно смогу пользоваться своим досугом, нежели теми, кто предложил бы мне самые почетные должности на земле.

ДИОПТРИКА

Глава I

О СВЕТЕ

Поведение человека в жизни зависит от чувств, среди которых чувство зрения — наиболее разностороннее и благородное; несомненно, что изобретения, служащие для его усиления, являются самыми полезными из всех остальных. Трудно найти другое изобретение, в большей степени усиливающее его, чем те чудесные зрительные трубы [1], которые, хотя и находятся в употреблении с недавнего времени, уже позволили открыть новые светила на небе и новые предметы на земле в гораздо большем числе, чем это было возможно до сих пор. Отодвигая границы зрения намного дальше, чем позволяло воображение наших предков, они как бы проложили нам путь к гораздо более глубокому и совершенному, чем прежде, знанию природы. Но к стыду нашей науки, это открытие, столь полезное и удивительное, следует приписать случаю и удаче. Приблизительно тридцать лет тому назад некий Яков Меций из голландского города Алкмар, не имевший никакого образования, хотя его отец и брат были математиками по профессии, находил особое удовольствие в изготовлении зеркал и линз, составляемых им зимой даже изо льда, возможность чего подтверждена опытом. Обладая несколькими линзами различной формы, он случайно пришел к мысли посмотреть через две линзы, одна из которых была несколько толще в середине, чем по краям, а другая, наоборот, была значительно толще по краям, чем в середине; он их так удачно пристроил к концам трубы,

что, в сущности, создал первую зрительную трубу. Все прочие, появившиеся с тех пор, были изготовлены исключительно согласно этому образцу, причем, насколько мне известно, никто не определил точной фигуры, которую должны иметь эти линзы.

Действительно, хотя впоследствии многие блестящие умы занимались этим вопросом и открыли ряд положений в оптике, имеющих бо́льшее значение, чем те, которые оставили нам предки, тем не менее, ввиду того, что сложные открытия не сразу доходят до последней степени совершенства, осталось еще немало трудностей, дающих мне повод писать об этом. И поскольку изготовление приборов, о которых я буду говорить, зависит от искусства мастеров, обычно не имеющих образования, я постараюсь быть понятным всем, ничего не пропускать и не предполагать, что какие-либо факты уже известны из изучения других наук. Поэтому я начну с объяснения того, что такое свет и его лучи; далее, после краткого описания частей глаза, я особо остановлюсь на вопросе о том, каким образом осуществляется зрение, и затем, отметив все обстоятельства, способствующие его дальнейшему совершенствованию, научу, как сделать их более благоприятными с помощью тех изобретений, которые будут описаны.

Но поскольку мне придется говорить о свете лишь для того, чтобы объяснить, как его лучи входят в глаз и как они отклоняются различными телами, встречающимися на пути, то мне нет надобности вскрывать его истинную природу; я полагаю, что достаточно будет воспользоваться двумя или тремя сравнениями, позволяющими представить его в наиболее доступном пониманию виде, чтобы объяснить обнаруживаемые из опыта свойства света и в дальнейшем выявить все остальные, которые довольно трудно заметить. В этом я подражаю астрономам, которые, хотя их гипотезы почти всегда ошибочны или недостоверны, делают весьма правильные заключения, опирающиеся на различные выполненные ими наблюдения [2].

Вероятно, вам не раз приходилось, идя ночью без факела по трудным местам, пользоваться палкой, чтобы найти дорогу; вы могли заметить, что посредством этой палки можно ощущать разные предметы, попадавшиеся вам, и отличать, были ли это деревья или камни, песок или вода, трава или грязь, либо что-нибудь другое в этом роде. Конечно, подобное чувство несколько неясно и туманно у людей, мало испытывавших его; но проследите его у тех, кто родился слепым и всю жизнь им пользовался, и вы найдете его таким совершенным и точным, что, пожалуй, они как бы видят руками, и их палка представляет собой какое-то шестое чувство, данное им вместо зрения. Делая из сказанного сравнение, я желаю внушить вам, что свет в телах, называемых светящимися, является не чем иным, как некоторым действием или весьма внезапным и быстрым движением, направляющимся к нашим глазам через воздух и другие прозрачные тела тем же способом, каким перемещение или сопротивление препятствий, встречаемых слепым, проходит к его руке через палку. Вам не должно казаться странным, что лучи света могут мгновенно распространиться от солнца до нас [3], ибо известно, что действие, приводящее в движение один конец палки, в одно мгновение доходит до другого и что оно должно таким же образом распространяться даже в том случае, если бы расстояние было больше, чем то, которое отделяет землю от небес. Вы не найдете также странным, что посредством этого действия мы могли бы видеть всякого рода цвета и что последние в телах, называемых цветными, являются не чем иным, как разными способами, с помощью которых эти тела воспринимают свет и отражают его к нашим глазам: если вы считаете, что разница, усматриваемая слепым между деревьями, камнями, водой и другими подобными предметами с помощью своей палки, не кажется ему меньшей, чем та, которая существует между красным, желтым, зеленым и любым другим цветом, то все-таки несходство между телами является не чем иным, как разными способами двигать палку или сопротивляться ее движениям [4].

Отсюда можно сделать следующий вывод: нет необходимости предполагать, что нечто материальное должно проходить от предметов до наших глаз для того, чтобы мы могли видеть цвета и свет[5], и что в самих предметах есть что-либо похожее на представления и ощущения, которые они у нас вызывают, аналогично тому, как из предметов, ощупываемых слепым, ничто не выделяется, что должно было бы проходить вдоль палки до его руки; так и сопротивление или движение предметов является единственной причиной ощущений, которые он испытывает, и это не имеет ничего общего с представлениями, получаемыми им; следовательно, ваш рассудок будет свободен от маленьких изображений, распространяющихся в воздухе и называемых *„познавательными образами“*[6], которые так много досаждают воображению философов. Можно даже легко решить интересующий вас вопрос о месте, откуда исходит действие, вызывающее ощущение зрения. Подобно тому, как слепой воспринимает тела, располагающиеся вокруг него, не только благодаря противодействию, оказываемому этими телами, когда они движутся навстречу его палке, но и при помощи своей руки, когда они ей сопротивляются, таким же образом следует признать, что видимые предметы ощущаются как посредством воздействия, находящегося в них и стремящегося к глазам, так и того воздействия, которое, находясь в глазах, стремится к ним. Однако, так как это действие есть не что иное, как свет, то надо заметить, что оно может находиться в глазах лишь тех, кто может видеть в потемках, как кошки[7], а что касается обычных людей, то они видят исключительно благодаря воздействию, исходящему из предметов, ибо, как показывает опыт, сами предметы (а не наши глаза, которые их рассматривают), чтобы быть видимыми, должны быть либо освещенными, либо самосветящимися. Но так как имеется большая разница между палкой слепого и воздухом или другими прозрачными телами, через которые мы видим, то я должен привести другое сравнение.

Рассмотрим (в период сбора винограда) наполовину наполненный раздавленным виноградом чан; в дне последнего проделаны одно или два отверстия A и B (рис. 1), через которые может вытекать виноградный сок, содержащийся в чане. Поскольку нет пустоты в природе, как это признают почти все философы, и поскольку во всех телах, замечаемых нами всюду, имеются поры, что достаточно ясно доказывается опытом, постольку необходимо, чтобы эти поры были заполнены материей, весьма разреженной и текучей, которая непрерывно распространяется от небесных светил до нас. Если разреженную материю сравнить с виноградным соком, наполняющим чан, а менее жидкие или более грубые части воздуха и других прозрачных тел сравнить с гроздьями винограда, расположенными между ними, то можно легко понять, что поскольку часть вина, находящаяся, например, около точки C, стремится спуститься по прямой линии через отверстие A, как только последнее открывается, и одновременно через отверстие B, постольку другая часть, которая помещается около D и E, стремится в то же самое время спуститься через эти два отверстия, не мешая друг другу и не встречая сопротивления со стороны гроздей, имеющихся в чане, несмотря на то, что эти грозди, поддерживающие друг друга, совершенно не стремятся спуститься через A и B вместе с соком, вопреки тому, что они могут быть передвинуты разными способами давильщиками винограда.

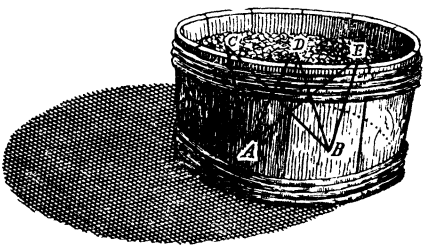


Рис. 1.

Таким образом, все части разреженной материи, которые освещены стороной солнца, обращенной к ним, стремятся по прямой линии к нашим глазам в то мгновение, когда они

открыты, не мешая друг другу и не удерживаясь даже грубыми частицами прозрачных тел, расположенными между солнцем и глазами, либо потому, что эти тела перемещаются различными способами, как воздух, почти всегда пребывающий в состоянии движения, либо потому, что они находятся в состоянии покоя, как может находиться стекло или хрусталь. Обратите внимание на то, что следует отличать движение или действие от стремления к движению[8], ибо можно вполне представить себе, что части вина, которые располагаются около C, одновременно стремятся к B и A, вопреки тому, что они не могут в одно и то же время двигаться по этим двум направлениям, и что они стремятся точно по прямой линии к B и A, несмотря на то, что они не могут перемещаться столь точно к A по прямой линии из-за гроздей, находящихся между ними. Следовательно, ввиду того, что это не столько движение, сколько действие светящихся точек, которое надлежит воспринимать как свет, излучаемый ими, вы должны притти к выводу, что лучи света суть не что иное, как линии, вдоль которых стремится это действие. Таким образом, существует бесконечное число лучей, идущих от всех точек светящихся тел ко всем точкам, освещаемым ими, точно так же, как имеется беспредельное количество прямых линий, вдоль которых действие, распространяющееся от поверхности вина CDE, стремится к A; существует безмерное множество и других линий, вдоль которых действие, идущее от тех же точек, стремится к B, причем эти действия, или стремления, не мешают друг другу.

Кстати, эти лучи, когда они проходят только через одно прозрачное однородное тело, должны представляться в виде прямых линий; однако, если лучи наталкиваются на другие тела, они отклоняются или задерживаются таким же образом, как видоизменяется движение мяча либо камня, брошенных в воздух, из-за препятствий, встречаемых ими; поэтому легко поверить, что действие или стремление к движению, о которых я сказал, что их следует принимать за свет, должны сле-

довать тем же законам, что и движение. Чтобы полностью объяснить это третье сравнение, необходимо обратить внимание на то, что тела, встречаемые мячом, пролетающим в воздухе, бывают мягкими, твердыми или жидкими; если тела мягкие, они останавливают и совершенно затормаживают движение мяча, например, когда он ударяется о материю, песок, грязь; если тела твердые, они сразу отбрасывают его в другую сторону, причем несколькими разными способами, что зависит от их поверхности: последняя бывает либо ровной и гладкой, либо шероховатой и неровной; с другой стороны, будучи гладкой, она может оказаться или плоской, или кривой; если она шероховатая, то ее неровность может заключаться в том, что либо она состоит из нескольких частей различной кривизны, каждая из которых достаточно гладкая, либо из ряда углов или острых выступов, либо из частей неодинаковой твердости, находящихся в движении; словом, мяч отбрасывается тысячью всевозможных способов. Надо заметить, что мяч, кроме своего движения, простого и обычного, переносящего его из одного места в другое, может иметь еще второе движение, которое заставляет его вращаться вокруг собственного центра, и что скорость этого вращения может иметь разные величины по отношению к первому движению. Когда несколько мячей, летящих в одном направлении, встречают тело, имеющее ровную и гладкую поверхность, они отклоняются от него одинаково; следовательно, если вся поверхность плоская, то мячи после удара сохраняют между собой то же расстояние, что и до удара; если ее кривизна направлена внутрь или наружу, они приближаются или удаляются в определенном порядке по отношению друг к другу, в большей или меньшей зависимости от этой кривизны. Как видите, здесь мячи A, B, C (рис. 2) при столкновении с поверхностью тел D, E, F отклоняются к точкам G, H, I. Если мячи встречают неровную поверхность, например L или M, они отскакивают в разные стороны, причем каждый в зависимости от того участка поверхности, от кото-

рого он отбрасывается; в случае, когда неровность ее состоит лишь в том, что ее участки имеют разную кривизну, мячи не меняют ничего другого в своем движении, кроме направления. Однако неровность поверхности бывает и другого рода: в этом случае она приводит к тому, что мячи, имевшие ранее простое прямолинейное движение, теряют часть его и приобретают вместо него вращательное, которое сравнительно с прямолинейным имеет разные значения и находится в зависимости от расположения встречаемых ими тел; те, кто играет в лапту, ощущают моменты, когда их мяч

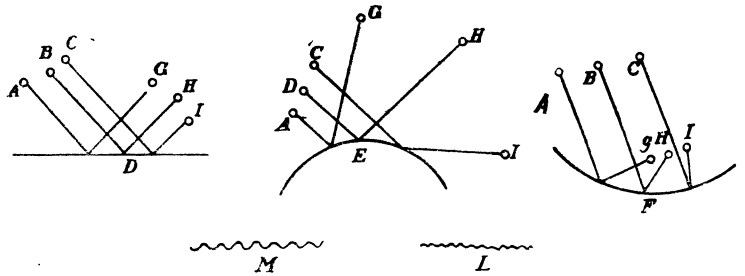


Рис. 2.

ударяется о неправильно вставленный кафель или когда они его касаются, наклоняя лапту (это называется, насколько я знаю, „срезáть“ или „закручивать“). Наконец, заметьте, если мяч во время движения встречает под косым углом поверхность жидкого тела, через которое он может пройти более или менее легко по сравнению со средой, откуда мяч выходит, он отклоняется и меняет свое направление при проникновении: например, коль скоро мяч, находящийся в воздухе, в точке A (рис. 3), толкают к B, он движется прямолинейно от A до B, если только его вес или какая-либо другая особая причина не помешают этому; но находясь в точке B, где мяч встречает поверхность воды BE, он отклоняется и направляется к I, идя опять прямолинейно от B к I, что легко проверить опытом. Однако следует пред-

положить существование тел, которые при встрече со световыми лучами останавливают последние и отнимают у них всю силу: их называют черными, они имеют цвет темноты. Помимо того, существуют другие тела, которые отражают лучи в том же порядке, в каком и получают: у них поверхность совершенно гладкая, они могут служить зеркалами, как плоскими, так и кривыми; и, наконец, есть тела, отражающие лучи диффузно, в разные стороны.

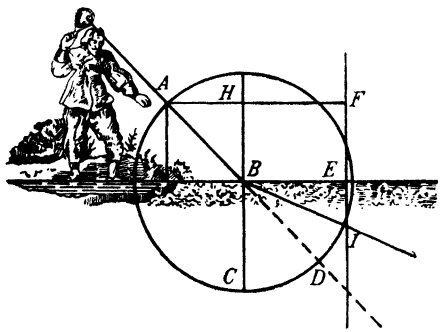


Рис. 3.

Среди последних одни заставляют лучи отражаться, не меняя ничего в их действии (их называют белыми), другие же вызывают при этом изменение, подобное тому, какое получает движение мяча, когда его „закручивают“: такие тела бывают красными, желтыми, синими или любого другого цвета; я думаю, что можно определить и показать опытным путем, в чем заключается природа каждого из этих цветов, но это переходит границы моей темы.

Здесь же достаточно будет предупредить, что лучи, падающие на цветные и неполированные тела, отражаются обычно во все стороны, даже если они устремляются в одном направлении. Лучи, падающие на поверхность белого тела *AB* (рис. 4), исходящие только из источника *C*, отражаются во всех без исключения направлениях; поэтому в каком бы месте ни расположить глаз (например в точке *D*), всегда окажется несколько лучей, идущих из каждого участка поверхности *AB*, которые стремятся к нему. Если предположить, что это тело очень пористо, как бумага или материя, так что свет проходит насквозь и он виден, даже если глаз находится по другую сторону от источника света

(например в точке E), то тем не менее в нем всегда отразятся несколько лучей, исходящих из каждой части этого тела.

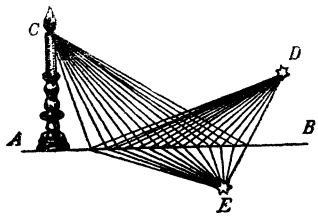


Рис. 4.

Наконец, заметим, что лучи отклоняются так же, как мяч, когда они встречают под косым углом поверхность прозрачного тела, в которую они проникают более или менее легко по сравнению с той средой, откуда они исходят; этот род отклонения называется рефракцией.

Глава II

О РЕФРАКЦИИ

Так как в дальнейшем нам понадобится точно знать величину рефракции и поскольку она может быть довольно удобно представлена путем того сравнения, которым я только что воспользовался, постольку полагаю своевременным сразу ее определить; чтобы сделать понимание более легким, сначала я скажу об отражении.

Предположим, что мяч, брошенный из точки A (рис. 5) в точку B, встречает поверхность земли CBE, которая, препятствуя проникновению мяча, заставляет его отклоняться; рассмотрим, в какую сторону? Чтобы не усложнять изучаемого вопроса новыми затруднениями, предположим, что земля совершенно плоска и тверда и что скорость мяча постоянна как при падении, так и при взлете; при этом мы совсем не будем рассматривать ни причины, заставляющей продолжать его двигаться после того, как его больше не касается ракетка, ни следствия его веса, величины или формы, ибо здесь не преследуется цель детально разбирать данный случай, тем более что ни один из названных факторов не имеет значения при воздействии на свет, к которому

должно было бы относиться все сказанное выше. Однако следует заметить, что сила, какого бы происхождения она ни была, побуждающая продолжать двигаться мяч, отличается от той, которая направляет его предпочтительно в одну сторону, а не в другую. Нетрудно понять, что причиной этого является сила, толкнувшая мяч посредством ракетки, от которой зависит его движение, и что указанная сила могла его направить по любой другой линии так же легко, как и в сторону к B; именно положение ракетки вынуждает мяч стремиться к точке B, причем оно могло бы

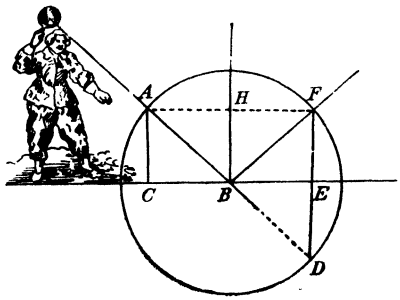


Рис. 5.

заставить мяч лететь таким же образом, даже если бы другая сила толкала его; это указывает на полную возможность отвести мяч при столкновении с землей; таким образом, его направление на точку B может быть изменено, даже если не произошло никаких изменений в силе его движения; поскольку эти две причины совершенно различны, постольку нет необходимости считать, что мяч должен задержаться на некоторое мгновение в точке B, прежде чем вернуться к точке F, как это делают некоторые наши философы: ибо если бы его движение было хоть однажды прервано этой остановкой, не нашлось бы никакой причины, которая заставила бы его возобновить полет. Кроме того, надо заметить, что стремление к движению по некоторому направлению, подобно самому движению и, вообще говоря, любой

другой величине, может быть разбито на все составляющие, какие только можно вообразить; нетрудно представить себе, что скорость мяча, летящего из A в B (рис. 6), делится на две составляющие, одна из которых заставляет его спуститься с линии AF к линии CE, а другая одновременно вынуждает мяч переместиться от левой стороны AC к правой FE таким образом, что оба они, соединенные вместе, направляют его в B по прямой линии AB. Далее, легко понять, что встреча мяча с поверхностью земли может изменить

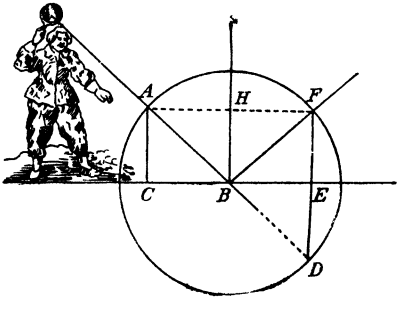


Рис. 6.

лишь одну из этих скоростей, но никак не другую; так как встреча должна помешать скорости, заставляющей мяч спускаться с AF к CE вследствие того, что земля занимает все пространство, находящееся под CE, то как же она могла бы препятствовать другой скорости, побуждающей его перемещаться к правой руке, ввиду того, что она никоим образом не противостоит в этом направлении? Чтобы точно определить, по какому направлению должен вернуться мяч, опишем из центра B круг, проходящий через точку A; в течение времени, понадобившегося ему, чтобы пройти из A в B, он непременно возвратится из B к какой-нибудь точке окружности, так как все точки, отстоящие на таком же расстоянии от точки B, что и точка A, находятся на этой окружности; при этом мы предполагаем, что движение мяча всегда произво-

дится с одинаковой скоростью. Далее, чтобы безошибочно выяснить, к какой же из всех точек окружности он должен вернуться, проведем три прямые AC, HB, FE, перпендикулярные CE, причем таким образом, чтобы между AC и HB было расстояние не меньшее и не большее, чем между HB и FE; за промежуток времени, понадобившийся мячу, чтобы продвинуться к правой стороне из A (одной из точек AC) до B (одной из точек HB), он должен переместиться от линии HB до какой-либо точки линии FE; вследствие того, что все точки линии FE удалены от HB как в том направлении, так и в другом, и настолько же, насколько точки линии AC, он имеет такое же стремление направиться в указанную сторону, как и раньше. Однако мяч не может одновременно достичь какой-нибудь точки линии FE и окружности AFD, кроме точек D или F, ибо только в этих двух точках они пересекают друг друга; поэтому, поскольку земля мешает ему пройти через D, постольку надо заключить, что он обязательно должен двигаться к F. Следовательно, вам нетрудно видеть, как совершается отражение: оно происходит согласно углу, всегда равному тому, который принято называть углом падения; если луч, исходя из точки A, падает в точку B на поверхность плоского зеркала CBE, он отражается к F таким образом, что угол отражения FBE будет не более и не менее, чем угол падения ABC.

Рассмотрим теперь рефракцию; прежде всего предположим, что мяч, выброшенный из A (рис. 7) по направлению к B, встречает в точке B не поверхность земли, а кусок материи CBE, которая настолько слаба и редка, что он может прорвать ее и пройти насквозь, теряя только часть своей скорости, например половину. Если это так, то для того чтобы знать, каким путем мяч должен следовать, примем опять во внимание, что его движение совершенно отличается от стремления к движению скорее в одну сторону, чем в другую, откуда вытекает, что их значение

должно рассматриваться отдельно; учтем также, что из двух составляющих этого стремления лишь та из них, которая вынуждает мяч спуститься сверху вниз, может быть сколько-нибудь изменена при встрече с материей; что касается составляющей, которая направляет его к правой руке, то она должна остаться такой же, какой была, ибо кусок материи *CBE* нисколько не оказывает сопротивления в этом направлении. Далее, описав из центра *B* окружность *AFD* и начертив под прямыми углами к *CBE* три прямых линии *AC*, *HB*, *FE* таким образом, чтобы расстояние между *FE*

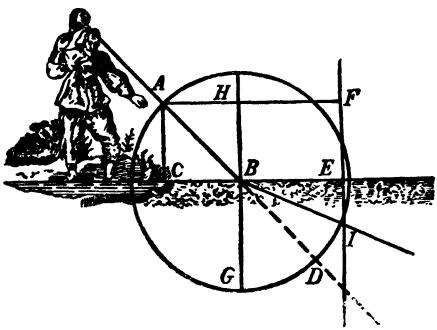


Рис. 7.

и *HB* было в два раза больше, чем между *HB* и *AC*, мы увидим, что мяч должен стремиться к точке *I*; поскольку мяч, проходя через кусок материи *CBE*, теряет половину своей скорости, постольку он должен употребить, чтобы спуститься вниз от точки *B* до какой-нибудь точки окружности *AFD*, в два раза больше времени, чем то, которое ему понадобилось для прохождения от *A* до *B*; так как мяч ничего не теряет из своего стремления продвигаться к правой стороне, то за удвоенное время [по сравнению с тем, которое ему потребовалось, чтобы переместиться от линии *AC* до линии *HB*] он должен проделать в эту сторону путь в два раза больший и, следовательно, достичь

некоторой точки прямой *FE* в то же самое мгновение, когда он приближается к какой-либо точке окружности *AFD*; это возможно только при условии, если мяч направляется к точке *I*, ибо она является единственной над куском полотна *CBE*, где окружность *AFD* и прямая линия *FE* пересекаются.

Предположим теперь, что мяч, движущийся от *A* к *D* (рис. 8), встречает в точке *B* не кусок полотна, а воду, поверхность которой *BE* отнимает у него как раз половину скорости, как в случае с куском полотна; я утверждаю, что этот мяч

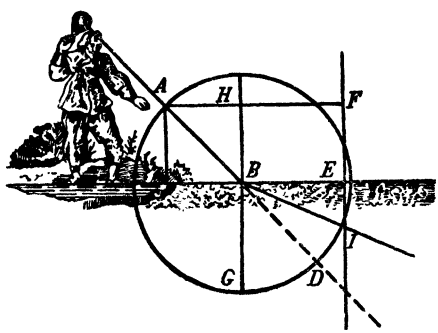


Рис. 8.

неизбежно направится из точки *B* по прямой линии не к *D*, а к *I*, потому что поверхность воды должна его отклонить туда точно так же, как полотно, ибо она отнимает у него столько же силы и оказывает ему сопротивление в том же направлении. Далее, остальная часть воды, заполняющая все пространство от *B* до *I*, сопротивляется то больше, то меньше по сравнению с воздухом, наличие которого мы ранее предполагали; однако это не означает, что вода должна в большей или меньшей степени отвести мяч, ибо она легко раздается, открывая ему путь как в одну сторону, так и в другую, по крайней мере, если, как и ранее, исходить из предположения, что ни тяжесть или легкость мяча, ни его

величина или форма, ни какая-нибудь иная причина не меняют его направления; можно тут же заметить, что чем более косо падает мяч на поверхность воды или полотна, тем больше он отклоняется ею; следовательно, мяч, опускаясь на нее под прямым углом, как в том случае, когда его бросают из H (рис. 9) в B, должен пройти насквозь по прямой линии к точке G, совершенно не отклоняясь в сторону; однако мяч, выброшенный по направлению, аналогичному AB, которое настолько наклонено к поверхности воды или полотна CBE, что линия FE, проведенная так, как указывалось раньше, не пересекает

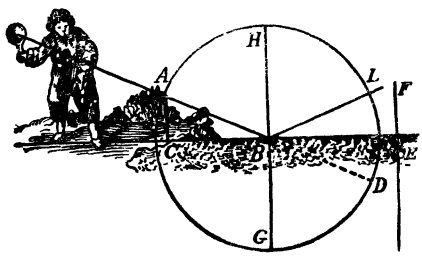


Рис. 9.

окружности AD, никоим образом не должен проникать в нее, но выталкивается поверхностью B по направлению к воздуху L точно так же, как при встрече с землею. Это было неоднократно установлено на горьком опыте, когда, стреляя для развлечения из артиллерийских орудий в дно реки, ранили тех, кто стоял на берегу реки.

Теперь сделаем еще одно предположение: пусть мяч, брошенный из A в B, отбрасывается снова, находясь в точке B, ракеткой CBE, увеличивающей силу его движения, например на одну треть, таким образом, чтобы он мог потом совершить за двойной промежуток времени такой же путь, какой он проделывал за тройной; подобное действие следует рассматривать так, как если бы мяч встречал в точке B тело такого характера, что он мог бы пройти через его поверхность CBE на одну треть легче, чем через воздух. Из при-

веденного доказательства с очевидностью вытекает, что если описать окружность *AD* (рис. 10), как было сделано ранее, и провести линии *AC*, *HB* и *FE* таким образом, чтобы между *FE* и *HB* было бы расстояние на $^1/_3$ меньшее, чем между *HB* и *AC*, то точка *I*, где прямая линия *FE* и окружность *AD* пересекаются, укажет место, к которому мяч, находясь в точке *B*, должен отклониться.

Однако данный вывод можно истолковать в обратном смысле и сказать, что поскольку мяч, идущий по прямой линии из *A* в *B*, отклоняется в точке *B* и отсюда направляется к точке *I*, постольку это значит, что сила, или легкость, с какой он входит в тело *CBEI*, относится к той, с которой он выходит из тела *ACBE*, как расстояние, отделяющее *AC* и *HB*, относится к расстоянию, отделяющему *HB* и *FI*, т. е. как отрезок *CB* к отрезку *CE*.

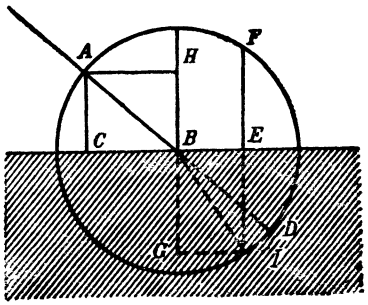


Рис. 10.

Наконец, поскольку действие лучей света следует в этом отношении тем же законам, что и движение мяча, когда лучи света проходят наклонно из одного прозрачного тела в другое, которое пропускает их с большей или меньшей легкостью, чем первое, постольку они отражаются таким образом, что всегда оказываются менее наклонными к поверхности прозрачных тел со стороны, где находится тело, пропускающее их с большей легкостью; и эти наклоны находятся по отношению друг к другу в таком соотношении, в каком одно тело пропускает лучи легче, чем другое. Однако нужно обратить внимание на то, что наклон лучей должен измеряться длиной отрезков прямых линий, таких, как *CB* или *AH*, *EB* или *IG* и им подобных, путем сравнения одного с другим, а не отноше-

нием углов, таких, как *ABH* и *GBI*, и еще менее величиной углов, аналогичных *DBI*, называемых углами преломления, ибо отношение одного из этих углов к другому меняется при различных наклонах лучей, в то время как отношение отрезков *AH* и *IG* (рис. 11) и им подобных остается неизменным при всех преломлениях, вызываемых теми же телами. Так, например, если первый луч, проходя по воздуху из *A* в *B* и встречая в точке *B* поверхность стекла *CBR*, отклоняется в стекле к точке *I*, второй луч, устремляясь из *K* в *B*, отклоняется к *L*, третий же луч, идя из *P* в *R*, отклоняется к *S*, то между

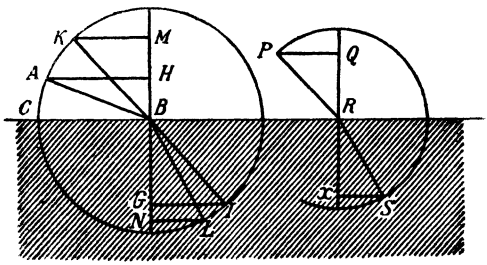


Рис. 11.

отрезками *KM* и *LN* должно быть такое же соотношение, какое между *AH* и *IG*; однако соотношение, существующее между углами *KBM* и *LBN*, не то же самое, что имеется между *ABH* и *IBG*[9].

Таким образом, теперь вы видите, как должны измеряться преломления; несмотря на то, что для определения их величины, поскольку они зависят от собственной природы тел, необходимо прибегать к опыту, это возможно сделать с полной определенностью и простотой лишь после того, как они приведены к одному измерению; ибо достаточно их определить только для одного луча, чтобы узнать все преломления, получающиеся на одной и той же поверхности, и можно избежать ошибки, если их рассматривать для нескольких других лучей. Чтобы выяснить значения преломлений, происходящих на поверхности *CBR*, разделяющей воздух *AK* от

стекла LI (рис. 12), достаточно рассмотреть преломление луча ABI и найти отношение между отрезками AH и IG. Далее, если мы опасаемся, что могли ошибиться в опыте, нам следует повторить его с несколькими лучами, такими, как KBL; находя такое же соотношение между KM и LN, какое между

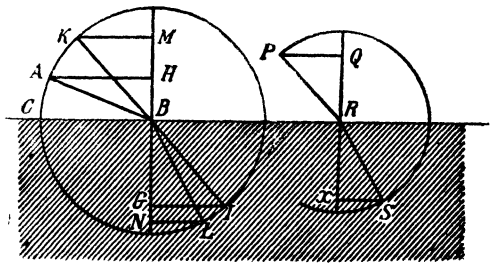


Рис. 12.

AH и IG, мы не будем иметь никакого основания сомневаться в истинности результатов [10].

Но, может быть, вы удивитесь, производя опыты, что лучи света, достигнув поверхностей, где совершается их пре-

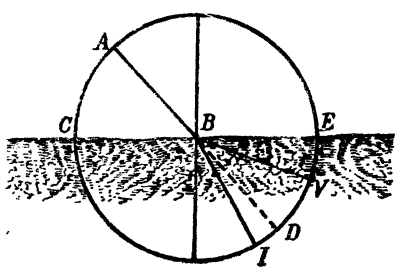


Рис. 13.

ломление, больше наклоняются в воздухе, нежели в воде, и еще сильнее в воде, чем в стекле, в противоположность тому, что происходит с мячом, который больше наклоняется в воде, чем в воздухе, и совсем не может проникнуть в стекло; например мяч, выброшенный из A в B (рис. 13), встречая

в точке B поверхность воды CBE, устремится из B к V; луч, наоборот, пойдет из B к I. Вы это не найдете странным, если, во-первых, вспомните о природе, какую я приписал свету, когда сказал, что свет есть не что иное, как некоторое движение, или воздействие, полученное в весьма разреженной материи, заполняющей поры других тел, и, во-вторых, сообразите, что мяч в своем движении теряет больше, когда он ударяется о мягкое тело, нежели о твердое, и что он катится менее легко по ковру, чем по непокрытому столу; таким образом, действие разреженной материи может

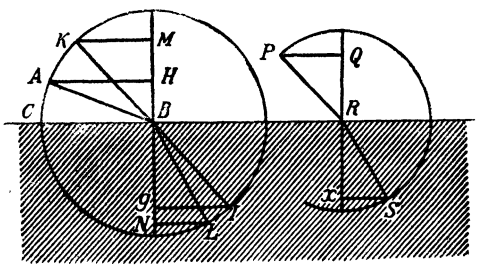


Рис. 14.

значительно сильнее ослабляться частицами воздуха, которые, будучи мягкими и слабо сцепленными, мало ему сопротивляются, нежели частицами воды, которые больше ему сопротивляются, и еще сильнее частицами воды, чем частицами стекла или хрусталя: следовательно, чем тверже частицы прозрачного тела, тем легче они пропускают свет, ибо свет не должен выталкивать никаких частиц со своих мест, аналогично тому, как мяч выталкивает частицы воды, чтобы пробить себе путь через них[11].

Впрочем, зная причину преломления, возникающего в воде, стекле и вообще в прозрачных телах, расположенных вокруг нас, можно заметить, что все преломления, которые совершаются в момент, когда лучи выходят из этих тел и когда они туда входят, должны быть одинаковы: если луч, устремляющийся из точки A (рис. 14) к B, отклоняется от B к I, когда

он из воздуха проходит в стекло, то луч, возвращающийся из I в B, должен также отклониться от B к A. Однако возможно существование иных тел, особенно в небе, где преломления, которые возникают от других причин, не подчиняются закону обратимости[12]. Могут наблюдаться и такие случаи, когда лучи преломляются, хотя они проходят только через одно прозрачное тело; таким же образом часто изменяется движение мяча, поскольку он отклоняется, с одной стороны, под влиянием своего веса, а с другой, под дей-

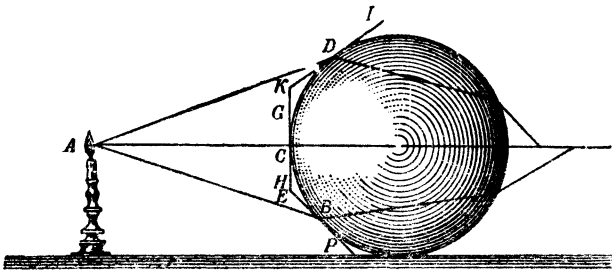


Рис. 15.

ствием толчка или по разным другим причинам; наконец, я осмеливаюсь сказать следующее: все три сравнения, коими я совсем недавно воспользовался, настолько адэкватны, что все особенности, которые могут быть в них отмечены, соответствуют некоторым характерным свойствам света; но я старался объяснить только те из них, которые наиболее важны для моей темы, и мне хочется обратить ваше внимание лишь на то, что кривые поверхности прозрачных тел отклоняют лучи, проходящие через любую их точку так же, как действовали бы плоские поверхности, касающиеся тел в тех же точках: например, преломление лучей AB, AC, AD (рис. 15), которые, исходя из источника A, достигают кривой поверхности хрустального шара BCD, происходит так, как если бы AB падал на плоскую поверхность EBP, AC на GCH и AD на IDK и т. д.; отсюда

вы видите, что эти лучи могут собираться или рассеиваться по-разному в зависимости от кривизны поверхностей, на которые они падают.

Наконец, настало время, чтобы я принялся за описание структуры глаза с целью объяснить вам, каким образом лучи, проникающие в него, вызывают ощущение зрения.

Глава III

О ГЛАЗЕ

Если бы можно было разрезать глаз пополам так, чтобы а) жидкости, заполняющие его, не вытекли, б) ни одна из его частей не сместилась и в) плоскость сечения точно прошла через середину зрачка, то он казался бы таким, каким изображен на рис. 16. Здесь *ABCB* — оболочка, достаточно толстая и твердая, как бы составляющая круглый сосуд, в котором содержатся все внутренние части; *DEF* — другая оболочка, менее плотная, обволакивающая, как обои стену, первую оболочку; *ZH* — так называемый оптический нерв, состоящий из большого числа тонких волокон, концы которых устилают все пространство *GHI*: переплетаясь с большим числом маленьких вен и артерий, они образуют особого рода тело, в высшей степени нежное и деликатное, являющееся как бы третьей оболочкой, покрывающей все дно второй; *K*, *L*, *M* представляют собой нечто вроде слизи или жидкости, очень прозрачной, заполняющей все пространство, находящееся внутри этих оболочек, каждая из которых

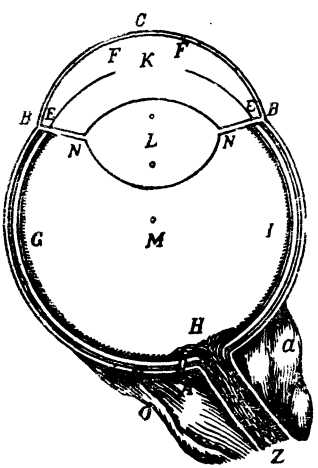


Рис. 16.

имеет вид, изображенный на рисунке. Опыт показывает, что средняя жидкость L, именуемая хрусталиком, вызывает приблизительно то же преломление, что и стекло или хрусталь [13], остальные две — K и M — вызывают несколько меньшее преломление, приблизительно такое, как вода; следовательно, световые лучи свободнее проходят через среднюю жидкость, нежели через крайние, и еще легче через последние две, чем через воздух. В первой оболочке часть BCB прозрачна и несколько больше искривлена, чем остальная — BAB. Во второй — внутренняя поверхность части EF, повернутая к глазному дну, совершенно черная; в середине ее находится маленькое круглое отверстие FF, так называемый зрачок, расположенный в центре глаза, кажущийся довольно черным, когда его наблюдают извне. Это отверстие не сохраняет своих размеров: часть EF оболочки, где это отверстие находится, плавает свободно в очень жидкой среде K; оно кажется маленьким мускулом, могущим сокращаться и расширяться в зависимости от того, какие (ближние или дальние) предметы рассматриваются и какова резкость, с которой они разглядываются [14]; в этом вы можете легко убедиться, следя за глазом ребенка. Если заставить его пристально наблюдать, то нетрудно заметить, что его зрачок становится несколько меньше при рассматривании близкого предмета, нежели далекого (причем последний не должен быть более освещенным); кроме того, если ребенок все время разглядывает один и тот же предмет, его зрачок делается значительно меньше, когда он находится в очень светлой комнате, нежели в затемненной, где закрыто большинство окон; наконец, если ребенок, оставаясь при той же степени освещенности и наблюдая тот же предмет, попытается рассматривать его мельчайшие подробности, его зрачок будет у́же, чем в том случае, когда он обозревает предмет целиком и без внимания [15]. Заметьте, что подобное движение должно быть названо волевым, несмотря на то, что об этом не знают те, кто его делает; оно является зависимым и следует созна-

тельному стремлению наблюдателя, желающего все как можно лучше рассмотреть; движение губ и языка, которые служат для произношения слов, также называется волевым, ибо оно подчиняется осознанным действиям говорящего, несмотря на то, что часто люди не знают, какими должны быть движения для того, чтобы они могли содействовать произношению каждого звука. *EN*, *EN* представляют собой несколько черных волокон, обвивающих вокруг среду, обозначенную буквой *L*; появляясь во второй оболочке в том месте, где кончается третья, они кажутся маленькими сухожилиями, с помощью которых среда *L*, становясь иногда более искривленной, иногда более плоской, в зависимости от того, какие (ближние или дальние) предметы желают рассматривать, отчасти меняет весь вид глазного тела. Это движение можно проследить на опыте; действительно, если перед глазами человека, пристально наблюдающего башню или гору, достаточно удаленные, поставить книгу, он не сможет четко увидеть ни одной буквы до тех пор, пока форма глаза не будет несколько изменена. *OA* представляет собой шесть-семь мускулов, прикрепленных к глазу снаружи, которые могут его двигать во все стороны и, возможно даже, сжимать или растягивать, помогая изменять форму. Я намеренно опускаю много других деталей, отмечаемых в этой теме, которыми анатомы заполняют свои книги, так как изложенного мною, полагаю, вполне достаточно, чтобы объяснить все необходимое для моей цели; остальные подробности, о которых я мог бы дополнительно сообщить, нисколько не окажут содействия пониманию, а лишь отвлекут ваше внимание [16].

Глава IV

О ЧУВСТВАХ ВООБЩЕ

Теперь необходимо рассказать вам о природе чувств вообще, чтобы легче было объяснить чувство времени в частности. Уже достаточно известно, что ощущает душа,

а не тело; все знают, что когда она отвлекается, находясь в состоянии экстаза или созерцания, тело лишается чувств несмотря на то, что его касаются многие предметы. Известно также, что душа воспринимает внешние впечатления не столько потому, что она находится в членах, служащих органами внешних чувств, сколько потому, что она находится в мозгу, где и проявляет это свойство, называемое вместилищем чувств[17]; есть раны и болезни, которые, распространяясь лишь на мозг, тормозят вообще все ощущения, хотя остальные части тела не лишены деятельности. Наконец, известно, что с помощью нервов чувства, вызываемые предметами во внешних членах, доходят до души[18], пребывающей в мозгу: бывают различные несчастные случаи, которые повреждают лишь один какой-нибудь нерв, уничтожая ощущение во всех частях тела, где расположены ответвления этого нерва, ничего не изменяя в восприятии других частей тела. Чтобы лучше уяснить, каким образом душа, находясь в мозгу, может посредством нервов получить впечатление от предметов, помещающихся снаружи, надо различать (в нервах) три элемента: во-первых, оболочки, окружающие их, которые, беря свое начало в покровах, облегающих мозг, представляют собой маленькие трубочки, разделенные на несколько ветвей, расходящихся в разные стороны по всем членам так же, как вены и артерии; во-вторых, их внутреннюю субстанцию, распространяющуюся в виде тонких волокон вдоль трубочек, начиная с мозга, откуда они берут свое начало, до оконечностей других членов, к которым она прикрепляется таким образом, что можно предположить в каждой из этих трубочек несколько маленьких волокон, не зависимых друг от друга; в-третьих, животные духи, которые представляют собой нечто вроде газа или очень разреженного воздуха, исходящего из камер или пустот, находящихся в мозгу, и вытекающего через трубочки в мускулы. Анатомы и врачи охотно признают, что три указанных элемента находятся в нервах, но нет уверенности в том, что кто-нибудь устано-

вил их назначение; отмечая, что нервы служат для того, чтобы давать членам возможность ощущать, а также двигаться, и что случаются подчас параличи, которые отнимают способность к изменению положения, не лишая при этом чувств, они иногда говорят, что есть два сорта нервов: одни из них предназначены исключительно для ощущений, а другие — только для движений; порой они указывают на то, что способность воспринимать внешние впечатления свойственна оболочкам или перепонкам и что свойство вызывать перемещения присуще внутренней субстанции нервов; все это весьма противоречит опыту и рассудку, ибо кто когда-нибудь нашел нерв, который служил бы для движения и одновременно не порождал бы какого-либо ощущения? И каким образом, если чувство зависит от оболочек, различные ощущения, порождаемые предметами, могли посредством оболочек дойти до мозга? Чтобы избежать несоответствия, надо предположить, что животные духи, текущие по нервам в мускулы и в разной степени вздувающие их поочередно, в зависимости от того, как они распределяются мозгом, вызывают изменение положения всех членов, а что касается тонких волокон, из которых составлена внутренняя субстанция нервов, то они порождают ощущения. Поскольку здесь не нужно говорить о движениях, постольку я желаю лишь объяснить вам, что тонкие волокна, будучи заключены, как я говорил, в трубочки, всегда раздутые животными духами, помещающимися в них, не стеснены, совсем не мешают друг другу и распространяются от мозга до конечностей всех членов, способных к ощущению; таким образом, будет достаточно, если вы коснетесь и приведете в движение ту часть членов, к которой прикреплен один из этих животных духов, подобно тому, как если бы начать тянуть за один конец натянутой бечевы, то мгновенно пришел бы в движение другой; зная, что волокна помещены в трубках, которые, подвергаясь воздействию духов, находятся в несколько вздутом и полуоткрытом состоянии, легко понять, что хотя они гораздо более тонки, чем

волокна, выделываемые шелковичными червями, и более слабы, чем нити паутины, тем не менее они могут распространяться от головы до самых далеких членов без всякого риска разорваться, причем различные положения членов не мешают их движениям. Кроме того, не следует полагать, что для восприятия ощущения душа должна созерцать образы, направленные предметами к мозгу, как обычно думают наши философы [19]; по меньшей мере нужно иначе представлять себе природу изображений, чем это делают мыслители, поскольку им важно только их сходство с предметами, которые они воспроизводят; однако философы не в силах показать, как они образованы предметами, получены органами внешних чувств и переданы нервами мозгу; единственная причина этих предположений заключалась в том, что наши представления могут быть легко возбуждены картиной, на которой изображен воспроизводимый предмет: им показалось, что и душа точно так же может быть доведена до восприятия того, что раздражает наши чувства, несколькими маленькими картинками, образующимися в нашей голове; наоборот, мы должны считать, что кроме картинок, много других вещей может возбудить наши представления (мысли), например знаки и слова, совершенно не похожие на те вещи, которые они обозначают. Чтобы не отойти от установленного мнения, мы предпочитаем допустить, что предметы, ощущаемые нами, действительно вызывают свои изображения в нашем мозгу; все же надо заметить, что не существует изображений, полностью похожих на предметы, воспроизводимые ими, иначе не было бы никакого различия между предметом и его изображением: достаточно, чтобы они походили друг на друга лишь в некоторых подробностях. Часто их совершенство обусловливается тем, что они не так похожи, как могли бы быть: например, гравюры, представляющие собой несколько капель чернил, разлитых там и сям по бумаге, дают нам образные представления о лесах, городах, людях и даже сражениях и бурях, хотя из бесконечности разных качеств, которые

они воспроизводят в перечисленных предметах, они лишь напоминают их общий вид; к тому же сходство очень несовершенно, так как на абсолютно плоской поверхности гравюры объемные тела и даже, согласно правилам перспективы, окружности представляются посредством овалов удачнее, чем посредством других окружностей, и квадраты изображаются ромбами с бóльшим успехом, чем квадратами; то же самое можно сказать в отношении других фигур; одним словом, во многих случаях, чтобы получить наиболее совершенные изображения и лучше представить предмет, нужно, чтобы изображения не походили на этот предмет.

То же самое должно быть с изображениями, возникающими в нашем мозгу; необходимо заметить, что вопрос заключается только в том, что они могут дать душе возможность ощущать разные качества предметов, которым они соответствуют, а не в том, каким образом они в себе содержат сходство с ними[20]. Когда слепой, о котором мы говорили выше, касается палкой каких-нибудь предметов, очевидно, что эти тела ничего не посылают к нему; однако, передвигая различным образом свою палку в зависимости от разных качеств, присущих предметам, тела приводят в движение нервы его руки и далее те места мозга, откуда идут нервы; это дает возможность душе слепого чувствовать столько же различных качеств в телах, сколько имеется разнообразия в движениях, вызываемых ими в его мозгу.

Глава V

ОБ ИЗОБРАЖЕНИЯХ, КОТОРЫЕ ВОЗНИКАЮТ НА ДНЕ ГЛАЗА

Теперь вы вполне убедились, что для того, чтобы воспринимать ощущения, душа не нуждается в созерцании изображений, подобных предметам; однако указанное обстоятельство не мешает тому, что рассматриваемые нами предметы отпечатывают достаточно совершенные изображения

на дне глаза, что было некоторыми весьма остроумно объяснено сравнением с изображениями, появляющимися в камере, когда последняя закрыта, за исключением одного отверстия, впереди которого помещают стекло в виде линзы, причем на некотором расстоянии за ней ставится белое полотно, где свет, исходящий от внешних предметов, создает изображение; они говорят, что камера обозначает глаз, отверстие — зрачок, стекло — хрусталик, или, точнее, все части глаза, вызывающие преломление; белое полотно являет собою внутреннюю оболочку, состоящую из оконечностей оптического нерва [21].

Но вы можете в этом еще лучше убедиться, если, взяв глаз только что умершего человека или, в крайнем случае, быка или другого крупного животного, аккуратно отрежете около дна глаза три оболочки, его обволакивающие, так, чтобы большая часть среды M (рис. 17), находящейся там, осталась бы открытой и целой; затем, прикрыв ее каким-нибудь белым телом, настолько тонким, чтобы через него насквозь проходил свет, как, например, куском бумаги или скорлупой яйца RST, вы поставите глаз в отверстие окна, нарочно сделанное для него (как Z), таким образом, чтобы передняя часть BCD была повернута к нескольким предметам, как VXY, освещенным солнцем, а задняя часть с белым телом RST направлена внутрь комнаты P, где вы находитесь и куда не должен проникать никакой свет, кроме попадающего в глаз, о котором вы знаете, что все его части от C до S прозрачны. Когда спустя некоторое время вы посмотрите на белое тело RST, то увидите, может быть не без удивления и удовольствия, картину, которая непосредственно представит в перспективе все наружные предметы около VXY при условии, если вы позаботитесь о том, чтобы глаз сохранял свою естественную форму, соответствующую расстоянию до предметов: ибо если вы будете на него давить сильнее или слабее, чем нужно, картина станет менее резкой; заметим, что следует несколько

больше надавливать на него и немного удлинять его фигуру, когда объекты ближе, чем когда они дальше. Но необхо-

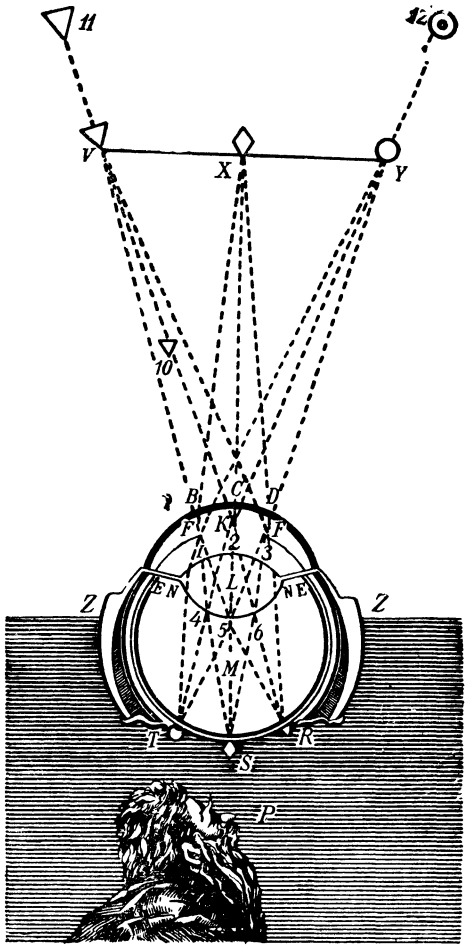


Рис. 17.

димо подробнее объяснить, как образуется эта картина, так как я тем самым смогу сделать понятными некоторые свойства света.

Обратите внимание, во-первых, что из каждой точки предметов *VXY* в глаз проникает столько лучей, достигающих белого тела *RST*, сколько может пропустить отверстие зрачка *FF*; согласно сказанному выше о природе преломления и о трех средах *K*, *L*, *M*, все лучи, идущие из одной и той же точки, искривляются при прохождении через три поверхности *BCD*, *1 2 3* и *4 5 6* таким образом, что они вновь собираются в одну точку; заметим, во-вторых, что картина, о которой идет речь, была бы самой совершенной, если бы фигуры трех поверхностей были такими, что все лучи, исходящие из одной из точек предметов, точно собирались в одной из точек белого тела *RST*; как видите, здесь лучи, идущие из точки *X*, концентрируются в точке *S*, после чего те, которые исходят из точки *V*, также собираются приблизительно в точке *R*; лучи, исходящие из *Y*, сосредоточиваются в точке *T*; наоборот, лучи, проникающие в *S*, идут лишь из точки *X*; те, которые попадают в *R*, направляются из точки *V*; точки *T* достигают лучи, распространяющиеся только из *Y*, и т. д. Если это так и вы помните все сказанное выше о свете и цветах вообще, в частности о белых телах, то вам легко будет понять, что, будучи заперты в комнате *P* и рассматривая белое тело *RST*, вы должны увидеть сходство с предметами *VXY*. Действительно, предположим, что свет — это движение или воздействие, которым солнце или какое-нибудь другое из тел, называемых светящимися, толкает какую-то очень разреженную материю, находящуюся во всех прозрачных телах. Эта материя отбрасывается к *R* предметом *V*, который я полагаю, например, красным. Он обладает свойством придавать маленьким частицам этой разреженной материи, которые были направлены исключительно по прямым линиям светящимися телами, круговое движение около их центров после встречи с ними, причем, поскольку частицы разреженной материи излучаются светящимися телами только по прямым линиям, следует предположить, что результат сложения двух

движений, кругового и поступательного, находящихся в определенном соотношении, дает ощущение красного цвета. Несомненно, что действие двух движений, встретивших в точке R (рис. 18) белое тело, т. е. тело, способное отражать действие в любую сторону, не меняя его, должно отсюда отразиться к вашим глазам через поры тела, которое я предположил в этом случае очень тонким и как бы продырявленным насквозь со всех сторон, и таким образом показать точку R красного цвета. Затем предмет X, который я полагаю желтым, также излучает свет по направлению к точке S, а предмет Y, который я представляю себе синим, — к точке T. Из указанных точек свет направляется к вашим глазам; вы должны видеть точку S желтого цвета и точку T синего цвета; таким образом, три точки R, S, T обладают теми же цветами и расположены в том же порядке, что и три точки V, X, Y, и они, очевидно, на них похожи[22].

Совершенство этой картины зависит преимущественно от трех причин и прежде всего от того обстоятельства, что зрачок глаза занимает известную площадь, через которую проходит несколько лучей от каждой точки предмета, в данном случае — *XB14S*, *XC25S*, *YD36S*, и бесконечное число других, устремляющихся из точки X; эти лучи претерпевают в глазу такое преломление, что те из них, которые исходят из различных точек, собираются в такое же количество других точек на белом теле *RST*; наконец, так как тонкие волокна EN и внутренность оболочки EF являются черными, а камера P полностью закрыта и затемнена, то кроме света, идущего из предмета *VXY*, другого света, мешающего действию лучей, нет; если бы зрачок был настолько узким, что через него проникал бы лишь один луч от каждой точки предмета к каждой точке тела *RST*, то у луча не оказалось бы достаточно силы, чтобы отразиться от него в камеру P к нашим глазам. Далее, предположим, что зрачок не совсем узок; тогда, если бы в глазу не совершалось никакого преломления, лучи, исходящие из каждой

точки предметов, рассеивались бы по всему пространству *RST*, так что, например, три точки *VXY* посылали бы три

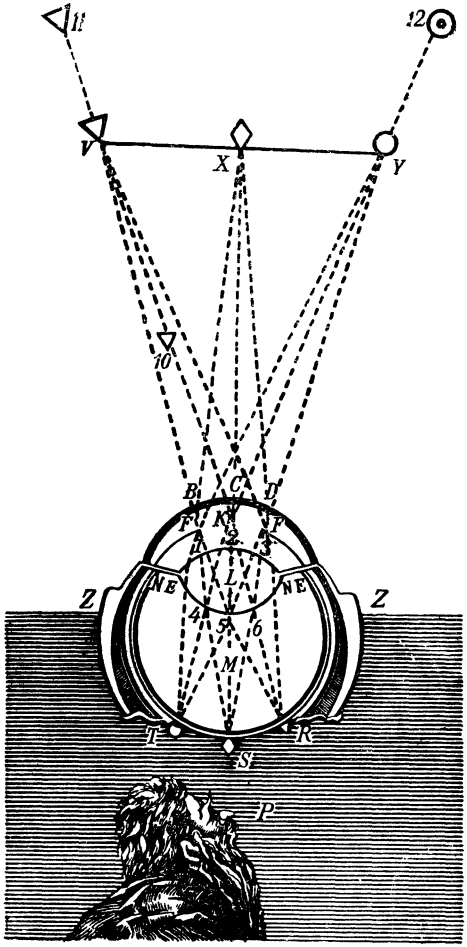


Рис. 18.

луча к точке *R*, а эти лучи, отражаясь оттуда к нашим глазам, образовали бы точку *R* цвета среднего между красным, желтым и синим, и совершенно подобную точкам *S* и *T*,

по направлению к которым те же точки VXY излучали бы (каждая в отдельности) один из своих лучей. Почти то же самое могло случиться, если преломление, совершающееся в глазу, оказалось бы больше или меньше, чем оно должно быть вследствие величины глаза; если преломление было бы слишком велико, лучи, исходящие, например, из точки X (рис. 19), собирались бы раньше, чем они достигали точки S, скажем, в точке M; наоборот, если преломление слишком мало, лучи концентрировались бы дальше, допустим, в точке P, так что они упали бы на белое тело RST в нескольких точках, на которые падали бы также другие лучи, распространяющиеся из других частей предмета. Наконец, если предметы EN и EF не были бы черными и не обладали свойством затормаживать свет, падающий на них, то лучи, приходящие к ним из белого тела RST, могли бы оттуда отразиться, причем лучи из T — к точкам S и R, лучи из R — к точкам T и S и лучи из S — к точкам R и T; это привело бы к взаимному смешению действия одних и других; то же самое совершалось бы с лучами, устремляющимися из камеры P к RST, если бы в камере был другой свет, за исключением того, который посылают предметы VXY.

Однако после того, как мною перечислены положительные качества картины, необходимо показать ее недостатки: первые и главные из них заключаются в том, что какую бы конфигурацию ни имели части глаза, не может быть такого положения, чтобы лучи, исходящие из различных точек, собирались в такое же количество других точек; самое большее, чего можно достигнуть, сводится к тому, что все лучи, распространяющиеся из какой-нибудь точки X, стекаются в другую точку S, которая находится в среде, касающейся дна глаза; в этом случае лишь несколько лучей, направляющихся из точки V, могут сосредоточиться в R; некоторое количество лучей, идущих из точки Y, концентрируются точно в точке T; остальные лучи должны немного отклоняться от этой точки и располагаться вокруг нее (что мною

будет объяснено дальше). Указанное обстоятельство является причиной того, что эта картина никогда не бывает столь

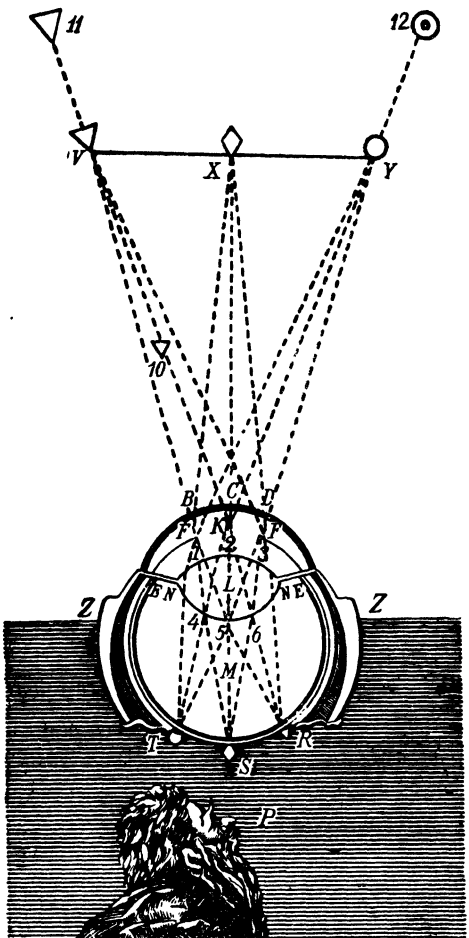


Рис. 19.

резкой на краях, как в середине, что часто отмечалось теми, кто писал об оптике[23], вот почему они говорили, что зрение осуществляется преимущественно по прямой линии, сое-

диняющей центр хрусталика и зрачка, как прямая *XKLS*, которую они называли осью зрения. Обратите внимание на то, что лучи, исходящие из точки *V* (рис. 20), отклоняются от точки *R* тем сильнее, чем больше отверстие зрачка; следовательно, если увеличение его размеров делает цвета этой картины более живыми и сильными, то попутно уменьшается резкость изображения. Отсюда вытекает, что зрачок должен иметь какую-то среднюю величину. Заметьте также, что лучи отклонялись бы еще больше от точки *R*, если точка *V*, откуда они идут, была бы значительно ближе к глазу, скажем, как точка *10*, или значительно дальше, как точка *11*. Я предполагаю, что форма глаза приспособлена для рассматривания точки *V*; таким образом, лучи еще ухудшили бы часть *R* этой картины; вы легко поймете доказательства выдвинутых положений, когда увидите в дальнейшем, какие формы должны иметь прозрачные тела, чтобы заставить все лучи, распространяющиеся из одной точки, собираться в другой точке после прохождения через эти тела. Что касается других недостатков этой картины, то они состоят, во-первых, в том, что ее части опрокинуты, т. е. находятся в положении, противоположном тому, которое имеют предметы, и, во-вторых, в том, что данные части уменьшены и сокращены, одни больше, другие меньше, в зависимости от различных расстояний и расположений предметов, изображаемых ими почти так же, как в картине, где соблюдена перспектива. Здесь вы ясно видите, что точка *T*, находящаяся на левой стороне, представляет собой *Y*, помещающуюся на правой, и точка *R*, расположенная направо, представляет *V*, находящуюся налево; кроме того, изображение предмета *V* не должно занимать больше места по направлению к *R*, чем воспроизведение предмета *10*, которое меньше, но расположено ближе, и не меньше, чем изображение предмета *11*, который значительнее по величине, но пропорционально более удален; впрочем, воспроизведение несколько четче; наконец, прямая линия *VXY* изображается кривой *RST*.

Увидев эту картину в глазу мертвого животного и изучив причины, нельзя сомневаться в том, что аналогичное

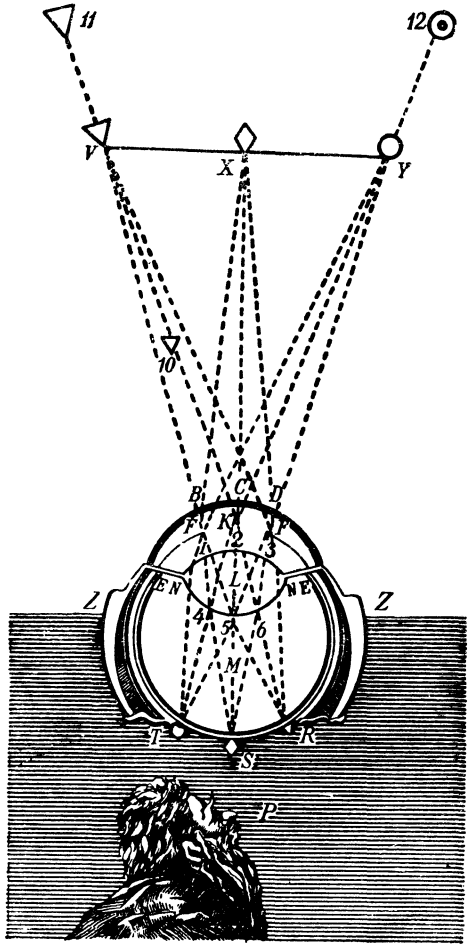


Рис. 20.

изображение возникает в глазу живого человека на внутренней оболочке, вместо которой мы подставили белое полотно *RST*, причем воспроизведение получается значительно

лучшее, ибо среды глаза, будучи полны животных духов, оказываются более прозрачными и к тому же обладают более точной формой, необходимой для данной цели. Возможно также, что в бычьем глазу фигура зрачка, отличная от круглой, не позволяет картине быть столь совершенной.

Нельзя сомневаться и в том, что изображения, возникающие на белом полотне в темной комнате, получаются точно так же и вследствие тех же причин, что и на дне глаза; благодаря тому, что они обычно значительнее по величине и образуются там с большим разнообразием, можно лучше заметить некоторые особенности, о которых я хочу

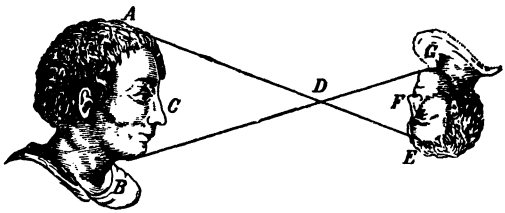


Рис. 21.

вас предупредить, чтобы дать вам возможность испытать их, если вы этого еще никогда не делали. Сначала отметьте следующее: если впереди отверстия, проделанного в темной комнате, не вставлять никакого стекла, то хотя на полотне и появятся кое-какие изображения (при условии, что отверстие очень узко), но они будут весьма размытыми и несовершенными, причем тем в большей степени, чем шире отверстие; изображения будут тем значительнее по размерам, чем больше расстояние между ними и полотном, так что их величина должна иметь то же отношение к этому расстоянию, какое имеет величина предметов, которые его создают, к пространству, отделяющему его от проделанного отверстия. Совершенно очевидно, что если *ACB* (рис. 21) — предмет, *D* — отверстие и *EGF* — изображение, то *EG* относится к *FD*, как *AB* к *CD*. Далее, поставив

стекло в виде линзы перед отверстием, заметьте, что существует одно определенное расстояние, при котором изображения кажутся очень резкими; если несколько удалить или приблизить полотно к стеклу, изображение становится менее отчетливым; это расстояние должно быть измерено промежутком, отделяющим полотно от стекла, а не от отверстия; следовательно, если поместить стекло несколько дальше от отверстия (с той или другой стороны), то полотно должно быть в такой же мере приближено или удалено; дальность расстояния зависит также от формы стекла и от величины промежутка между предметами, коль скоро предмет оставлен на том же месте; чем меньше искривлены поверхности стекла, тем больше должно быть удалено полотно; если пользоваться тем же стеклом при условии, что предметы очень близки, то полотно нужно держать несколько дальше, чем в случае, когда они более удалены; величина изображения зависит от этого расстояния почти таким же образом, как и в случае, когда перед отверстием не было стекла; данное отверстие может быть гораздо больше, если ставят стекло, нежели в случае, когда его оставляют пустым (причем изображения незначительно теряют в своей отчетливости); чем больше отверстие, тем светлее и ярче становятся изображения; поэтому если закрыть часть стекла, они кажутся много темнее, чем раньше, хотя займут столько же места на полотне; чем больше и ярче изображения, тем совершеннее они будут казаться; если бы имелась возможность сделать глаз, глубина которого была бы весьма большой, зрачок — очень широким, а форма поверхностей, создающих некое преломление, — пропорциональной этой величине, то изображения получались бы весьма резкими. В том случае, когда два или несколько довольно плоских стекол в виде линз присоединяются друг к другу, они оказывают приблизительно то же действие, что и одно, если оно так же выпукло, как оба вместе, ибо несущественно общее число поверхностей, где происходят преломления; коль скоро эти стекла удалить на некоторое рас-

стояние друг от друга, то второе стекло может выпрямить изображение, опрокинутое первым, а третье снова может его опрокинуть, и так далее; причины подобных явлений могут

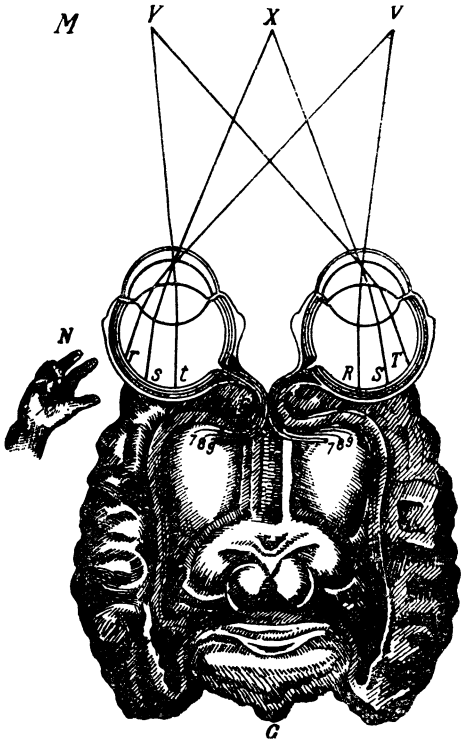


Рис. 22.

быть без труда найдены из всего ранее сказанного мною; когда вы затратите некоторое усилие, то поймете их гораздо легче, чем если бы они оказались здесь лучше объясненными[24].

Впрочем, изображения предметов возникают не только на дне глаза; они проходят оттуда в мозг, в чем вы легко убедитесь, если вспомните, например, что лучи, попадающие в глаз из предмета V (рис. 22), касаются в точке R кончика

одного из маленьких волокон оптического нерва, берущего свое начало в точке *7* внутренней поверхности мозга *7 8 9*, а лучи из предмета *X* достигают в точке *S* окончания второго из этих волокон, начало которого находится в точке *8*; лучи из предмета *Y* касаются другого окончания в точке *T*, соответствующей части мозга, помеченной *9*, и т. д.; поскольку свет есть не что иное, как движение или действие, стремящееся вызвать какое-то перемещение, постольку лучи, устремляющиеся из *V* к *R*, приводят в движение все волокно *R 7* и, следовательно, частицы мозга, помеченные цифрой *7*; лучи, направляющиеся из *X* к *S*, заставляют двигаться нерв *S 8*, причем это перемещение другого рода, чем то, которое распространяется по *R 7*, так как предметы *X* и *V* имеют различный цвет; лучи, исходящие из *Y*, непрестанно изменяют положение точки *9*, откуда, очевидно, вновь образуется картина *7 8 9*, достаточно похожая на предметы *VXY*, которая возникает на внутренней поверхности мозга, противостоящей его вогнутости; отсюда я мог бы перенести ее до некоей маленькой железы, находящейся в середине вогнутости и являющейся, в сущности, вместилищем чувств[25]. У меня даже имеются средства показать вам, каким образом она иногда может пройти оттуда через артерии беременной женщины до какого-нибудь члена ребенка, которого она носит в своей утробе и на ком образует родимые пятна, вызывающие столько удивления у ученых.

Глава VI

О ЗРЕНИИ

Хотя эта картина, проходя указанным способом внутрь нашей головы, всегда содержит нечто сходное с предметами, образующими ее, однако не следует уверять себя, как я уже ранее предупреждал вас, что подобное сходство является причиной того, что мы их ощущаем, как будто имеем другие

глаза в мозгу, с помощью которых мы могли бы их заметить; скорее всего те движения, из которых эта картина состоит, действуя непосредственно на нашу душу, до тех пор, пока она соединена с телом, так созданы природой, что в душе возбуждаются нужные ощущения; теперь я это объясню вам подробнее. Все качества, замечаемые нами в рассматриваемых предметах, могут быть сведены к шести главным свойствам, а именно: свету, окраске, положению, расстоянию, величине и форме. Касаясь света и окраски, которые только одни принадлежат чувству зрения, надо исходить из того, что наша душа обладает такой природой, что сила движений, совершающихся в частицах мозга, откуда идут тонкие волокна оптических нервов, сообщает ей ощущение света, а род движения — ощущение цвета, аналогично тому, как колебания слуховых нервов придают ей восприятие звука, а действие нервов языка вызывает восприятие вкуса; вообще действия нервов всего тела сообщают душе чувство щекотания, когда они слабы, и боли, когда они слишком сильны, несмотря на то, что во всем этом нет никакого сходства между идеями, постигаемыми ею, и движениями, вызывающими идеи; сказанному здесь вы легко поверите, если вспомните, что раненным в глаз кажется, что они видят бесконечное число искр и молний даже при закрытых глазах или в полной темноте; следовательно, данное ощущение может быть приписано исключительно силе удара, приводящего в действие тонкие волокна оптического нерва подобно тому, как это бы сделал очень яркий свет; та же сила, достигая ушей, могла бы возбудить появление какого-нибудь звука; касаясь тела в других местах, она может вызвать боль. Указанное обстоятельство подтверждается также следующим образом: если заставить себя смотреть на солнце или на какой-нибудь другой яркий свет, то глаза некоторое время сохраняют ощущение света, так что хотя они и закрыты, кажется, что они видят разные цвета, меняющиеся и переходящие из одного в другой по мере того, как они ослабляются; подобное явле-

ние возможно только вследствие того, что тонкие волокна оптического нерва, будучи приведены в исключительно сильное движение, не могут так быстро успокоиться, как обычно; однако движение, которое совершается в них после того, как глаза закрылись, будучи недостаточно сильно, чтобы изобразить очень яркий свет, вызвавший его, придает ощущение менее живых цветов; данные цвета меняются, ослабляясь, что указывает на то, что их природа заключается лишь в разнородности движения и является такой, как я раньше предполагал. Наконец, последнее становится очевидным из того, что окраска часто появляется в прозрачных телах, где безусловно ничто не может ее вызвать, за исключением различных способов, которыми воспринимаются световые лучи. Такое явление мы наблюдаем, когда в облаках возникает радуга или когда в граненом стекле замечается аналогичная картина.

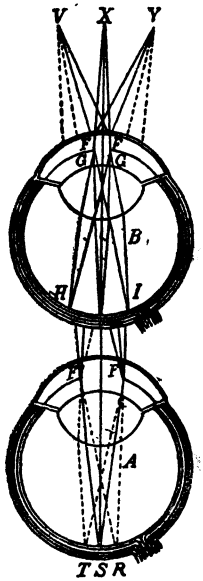


Рис. 23.

Однако здесь надо особенно рассмотреть, чем является количество видимого света, т. е. сила, приводящая в движение каждое маленькое волокно оптического нерва, так как она не всегда равна свету, находящемуся в предметах, и меняется в зависимости от расстояний, отделяющих их от глаза, и величины зрачка, а также от пространства, которое лучи, идущие из каждой точки предмета, могут занимать на дне глаза. Очевидно, что точка X (рис. 23) послала бы больше лучей в глаз B, если бы зрачок FF был открыт до G, и что она направила бы столько же света в глаз B, находящийся близко от него и имеющий очень узкий зрачок, сколько и в глаз A, зрачок которого значительно шире, но который расположен дальше в таком же соотношении. На дно

глаза A не попадает больше лучей из различных точек предмета VXY, рассматриваемых одновременно, чем на дно глаза B; однако, поскольку лучи распространяются на площади TR, меньшей, чем площадь HI, заполняемая ими на дне глаза B, постольку они должны действовать с большей силой на каждый кончик оптического нерва, которого они касаются, что очень легко рассчитать; если, например, площадь HI в четыре раза больше, чем TR, и она содержит концы четырех тысяч тонких волокон оптического нерва, а TR — лишь тысячу, то, следовательно, каждое из этих волокон будет приведено в движение на дне глаза A тысячной частью сил, которыми обладают все лучи, входящие туда, а на дне глаза B — только четвертью тысячной части[26]. Необходимо также принять во внимание, что рассматриваемые части тела можно распознать лишь постольку, поскольку они выделяются окраской, и что ясное различие цветов обусловливается не только тем, что все лучи, выходящие из каждой точки предмета, собираются приблизительно в стольких же различных точках на дне глаза и что никакие иные лучи из других мест не достигают данных точек, как это было ранее подробно объяснено, но также и тем, что множество тонких волокон оптического нерва занимают пространство, на котором лежит изображение на дне глаза. Если, например, предмет VXY (рис. 23) состоял бы из десяти тысяч частей, могущих послать лучи по направлению ко дну глаза RST десятью тысячами различных способов и, следовательно, выявить одновременно десять тысяч цветов, то они тем не менее дали бы душе возможность различить не больше одной тысячи, при условии, если на площадке RST имеется только тысяча волокон оптического нерва; таким образом, десять частей предмета действуют одновременно на одно волокно и могут его стимулировать только одним способом, составленным из всех действий одной части, так что пространство, занятое каждым из волокон, должно рассматриваться как одна точка. Этим объясняется, что луч, расцвеченный

бесконечным числом цветов, издали будет казаться совершенно белым или целиком синим. Вообще все тела видны менее отчетливо вдали, чем вблизи; наконец, чем больше места на дне глаза занимает изображение одного и того же предмета, тем лучше его можно различить, на что в дальнейшем будет обращено особое внимание.

Что касается расположения каждой части предмета по отношению к нашему телу, то мы замечаем его посредством глаз так же, как при помощи рук; ознакомление с ним зависит не от изображения или воздействия, исходящих от предмета, а только от размещения маленьких частиц мозга, откуда нервы берут свое начало. Это размещение, отчасти меняющееся каждый раз, когда меняется положение членов, обслуживаемых нервами, организовано природой с целью не только указать душе, в каком месте находится та часть тела, которую она приводит в движение (по сравнению с другими), но также и для того, чтобы душа могла переносить оттуда свое внимание ко всем местам, расположенным на прямых линиях, проводимых из конца каждой части и продолженных до бесконечности. Совершенно так же обстоит со слепым, о котором мы так много говорили ранее: когда он поворачивает свою руку A (рис. 24) к точке E или руку C к E, нервы, находящиеся в руке, производят некоторое изменение в его мозгу, дающее возможность душе слепого узнать не только место A или C, но и все другие, располагающиеся на прямой линий AE или CE, так что она может обратить свое внимание на предметы B и D и определить места, где они пребывают, хотя душа не знает и нисколько не думает о тех местах, где помещаются обе руки. Точно так же, когда глаз или голова поворачиваются в какую-нибудь сторону, наша душа предупреждается об этом изменением, которое нервы, находящиеся

Рис. 24.

в мускулах, обслуживающих движения, вызывают в мозгу. Здесь, в глазу *RST* (рис. 25), изменение положения тонкого волокна оптического нерва, помещающегося в точке *R*, или *S*, или *T*, вызывает изменение расположения частей

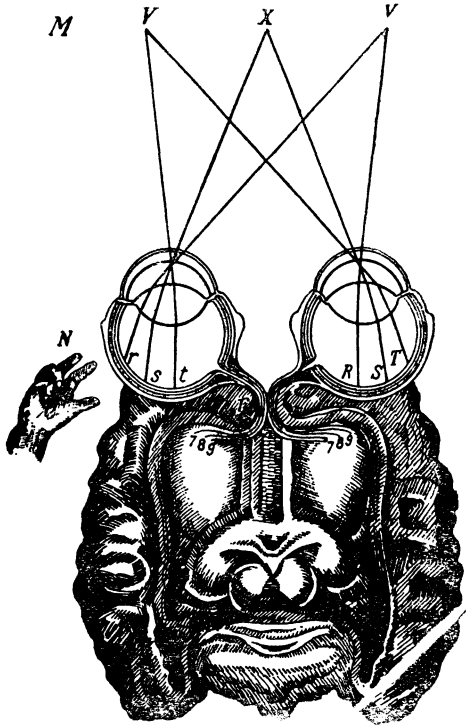


Рис. 25.

мозга *7*, *8* или *9*, вследствие чего душа может знать все места, которые находятся на прямой *RV* или *SX*, или *TY*. Следовательно, вам не должно казаться странным, что предметы можно обозревать в их истинном положении, несмотря на то, что изображения, создаваемые ими в глазу, являются совершенно обратными[27]. Наш слепой может одновременно чувствовать предмет *B* (рис. 26), лежащий справа,

с помощью левой руки и D, находящийся слева, посредством правой. Однако слепой не делает вывода о том, что тело двойное, хотя он касается его двумя руками; подобным образом при помощи глаз, расположенных так, чтобы обратить наше внимание на одно и то же место, мы видим лишь один предмет, несмотря на то, что в каждом глазу получается свое изображение.

Оценка расстояния зависит не от расположения тех или иных изображений предметов, а прежде всего от формы хрусталика; как уже говорилось, форма хрусталика должна быть несколько иной при рассматривании близких предметов, чем далеких, и по мере того, как мы ее меняем, чтобы приспособиться к расстояниям, отделяющим нас от предметов, одновременно меняется некая часть нашего мозга таким образом, который установлен природой для того, чтобы наша душа могла оценить данное расстояние; это обычно происходит без всякого размышления с нашей стороны; вместе с тем, когда мы держим в руке какое-нибудь тело, то придаем ей форму, соответствующую величине и фигуре тела, и ощущаем его подобным способом, причем нет надобности думать о каких бы то ни было движениях. Кроме того, мы оцениваем расстояние благодаря относительному расположению глаз; точно так же и наш слепой, держащий две палки AE и CE, о длине которых он не имеет представления, но знает только интервал, отделяющий его две руки A и C, и величину углов ACE и CAE, может отсюда как бы с помощью естественной геометрии понять, где находится точка E; таким же образом, если оба глаза RST и rst (рис. 25) повернуты к точке X, величины отрезка Ss и двух углов XSs и XsS позволят нам понять, где помещается точка X. Мы можем это уяснить и с помощью лишь одного глаза, меняя его положение следующим образом: сна-

Рис. 26.

чала ставим его в точку S и направляем в сторону X, а затем помещаем в s. Этого достаточно, чтобы величины отрезка Ss

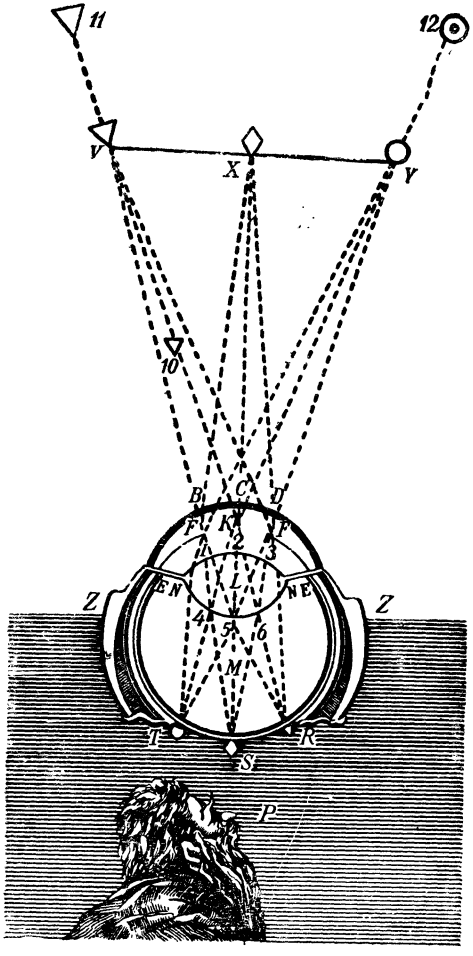


Рис. 27.

и двух углов XSs и XsS встретились вместе в нашем воображении и дали нам возможность оценить расстояние до точки X. Это достигается работой мысли, которая, представляя собой

лишь простое воображение, тем не менее напоминает размышления, совершенно подобные рассуждениям, совершаемым землемерами, когда с помощью двух разных пунктов они измеряют расстояния до недоступных мест. Помимо того, существует другой способ определения расстояния, базирующийся на показаниях резкости или нерезкости изображения и, вместе с тем, силы или слабости света. Когда мы внимательно рассматриваем точку *X* (рис. 27), то видим, что лучи, исходящие из предметов *10* и *12*, не собираются столь точно в точках *R* и *T* на дне нашего глаза, как если бы упомянутые предметы находились в точках *V* и *Y*; отсюда мы заключаем, что они дальше или ближе от нас, чем точка *X*. Далее, поскольку свет, устремляющийся к нашему глазу от предмета *10*, более сильный, чем если бы он исходил от того же предмета, но помещенного в точку *V*, постольку можно установить, что предмет *10* располагается ближе; с другой стороны, так как свет, идущий из точки *12*, более слабый, чем если бы он шел из точки *Y*, мы делаем вывод о том, что предмет *11* находится дальше. Наконец, если у нас уже создалось некоторое представление о величине предмета, его расположении, различиях в его форме и окраске или хотя бы о силе света, исходящего от него, то указанное обстоятельство может нам служить не столько для того, чтобы видеть, сколько для того, чтобы вообразить расстояние. Когда мы смотрим издали на различные тела, которые привыкли видеть вблизи и о размерах которых у нас, следовательно, имеется известное понятие, то судим гораздо лучше о расстоянии до них, чем если бы мы не представляли их величины; при обозрении горы, освещенной солнцем и находящейся за лесом в тени, только расположение леса позволяет судить о том, что он ближе; если мы наблюдаем на море два корабля, из которых один меньше другого, но находится соответственно ближе, так что они кажутся одинаковыми, то сможем, основываясь на различиях в их виде и раскраске, узнать, какой из них дальше.

Впрочем, я ничего особенного не могу сказать относительно способов, позволяющих нам оценивать величину и форму предметов, тем более, что все способы основаны на том, что мы определяем расстояние до предметов и расположение их частей; величина предметов оценивается на основании имеющихся у нас знаний о расстояниях, полученных при сравнении размеров изображений, создаваемых предметами на дне глаза, а отнюдь не на основании подлинных размеров изображений; данный вывод вытекает с достаточной очевидностью из того, что хотя изображения, скажем, в сто раз больше, когда предметы очень близко от нас, чем когда они в десять раз дальше, тем не менее мы видим их не увеличенными в сто раз, а почти равными, если только не ошибаемся в определении расстояний. Очевидно также, что форма предметов оценивается на основе приобретенных нами знаний и понятий о расположении отдельных частей предметов, а не на основании сходства изображений, находящихся в глазу, ибо последние обычно содержат только овалы и ромбы, тогда как мы видим окружности и квадраты [28].

Чтобы не было никаких сомнений в том, что зрение совершается так, как я объяснил, вы должны, кроме того, рассмотреть причины, из-за которых иногда случается, что зрение нас обманывает; это происходит, во-первых, потому, что созерцает душа, а не глаз, и, во-вторых, вследствие того, что она наблюдает только посредством мозга; отсюда вытекает, что слабоумные и спящие часто видят (или думают, что видят) разные предметы, которые не находятся перед их глазами: какие-то испарения, воздействуя на мозг, раздражают его части, обычно служащие для зрения, точно так же, как это делали бы предметы, если бы они существовали. Далее, ощущения, приходящие извне, проникают посредством нервов; следовательно, если нервы подвергаются некоторому возбуждению под действием необычной причины, то предметы можно видеть не в тех местах, где они находятся. Например, когда глаз *rst* (рис. 25), направленный на точку *X*,

под воздействием пальца поворачивается к точке *M*, тогда части мозга, откуда идут нервы, располагаются не совсем так, как если бы мускулы глаза повернули его к точке *M*; в то же время они размещаются иначе, чем если бы глаз смотрел непосредственно в точку *X*; в результате глаз занимает среднее положение между двумя указанными состояниями, и все обстоит таким образом, как если бы он был устремлен на точку *Y*; следовательно, предмет *M* будет казаться расположенным на месте *Y*, *Y* — на месте *X* и *X* — на месте *V*; эти предметы, рассматриваемые другим глазом *RST*, представляются находящимися на своих подлинных местах. В итоге они покажутся двойными. Подобным образом, если касаться маленького шарика *G* (рис. 23) двумя скрещенными пальцами *A* и *D*, то получается впечатление двух шариков, потому что, пока пальцы находятся в скрещенном положении, мускулы каждого из них стремятся их раздвинуть — *A* к *C* и *D* к *F*, вследствие чего части мозга, где начинаются нервы, прикрепленные к мускулам, располагаются так, как необходимо для того, чтобы показалось, что *A* находится в *B*, а *D* в *E*; поэтому и появляется ощущение двух различных шариков *H* и *I*. Кроме того, издавна привыкли думать, что зрительные ощущения приходят из тех мест, по направлению к которым мы должны смотреть, чтобы их увидеть; если же случается, что они идут из других мест, мы можем легко быть введены в обман; все, кто болен желтухой или смотрит через желтое стекло, или закрыт в комнате, куда свет проходит только через желтые стекла, относят этот цвет за счет тел, на которые они смотрят. Тот, кто находится в темной комнате, недавно описанной мною, приписывает белому телу *RST* (рис. 27) цвета предметов *VXY*, так как он направляет свое зрение только на него. Глаза *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F* (рис. 29),

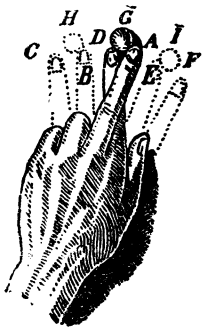


Рис. 28.

рассматривая предметы T, V, X, Y, Z, U через стекла N, O, P и в зеркалах Q, R, S, относят их к точкам G, H, I, K, L, M; V и Z кажутся им меньше, а предметы X и U — больше, чем они есть на самом деле, или представляются

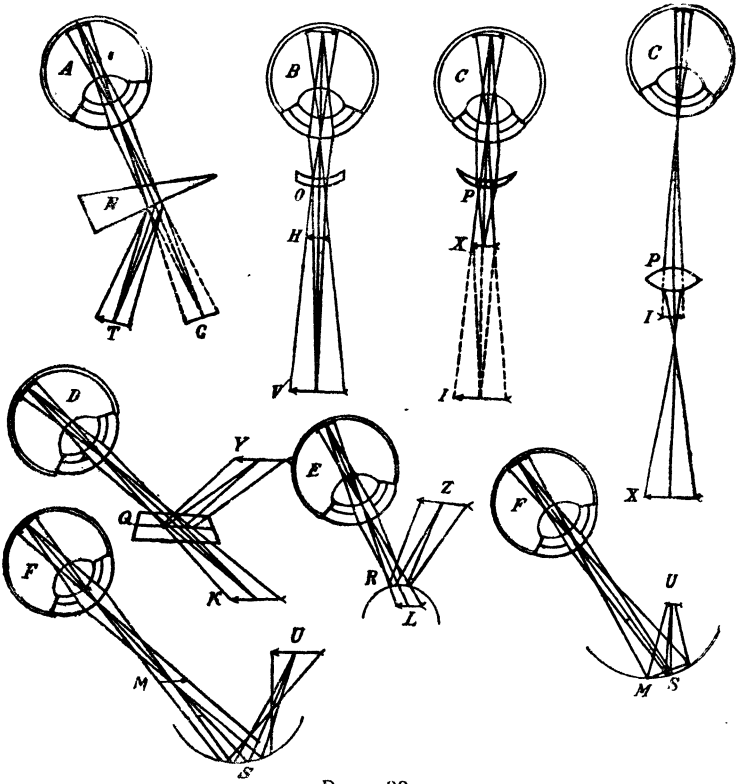


Рис. 29.

меньшими и перевернутыми; последнее объясняется тем, что стекла и зеркала отклоняют лучи, идущие от предметов, таким образом, что глаза могут их видеть отчетливо только тогда, когда они располагаются для того, чтобы смотреть на точки G, H, I, K, L, M, в чем легко убедятся те, кто потрудится изучить данный вопрос; при этом они поймут,

насколько предки ошибались в своей катоптрике, когда пытались определять места изображений в вогнутых и выпуклых зеркалах[29]. Надо также заметить, что все средства, которыми мы располагаем для определения расстояний, очень ненадежны; что касается формы глаза, то она почти не меняется, когда предметы находятся от него на расстоянии большем, чем четыре-пять футов; и даже, когда предмет ближе, форма глаза так мало меняется, что трудно получить какие-нибудь точные сведения. Что касается углов, заключенных между прямыми, проведенными из обоих глаз навстречу друг другу и от них к предмету или из двух положений одного и того же предмета, то они почти не меняются при наблюдении издалека; вот почему наш разум едва ли может иметь представление о расстояниях бóльших, чем сто-двести футов. Указанное обстоятельство может быть подтверждено тем, что луна и солнце, принадлежащие к числу наиболее удаленных тел, видимых нами, диаметры которых равны приблизительно одной сотой их расстояния до нас, кажутся нам обычно не больше, чем один-два фута диаметром, хотя мы хорошо понимаем, что они чрезвычайно велики и исключительно далеки[30]; это происходит не потому, что мы не могли бы их представить себе большими, ибо имеется полная возможность вообразить башни и горы значительными по величине, но по другой причине, а именно: поскольку нельзя мысленно представить их удаленными больше, чем на сто-двести футов, постольку диаметр луны или солнца не может нам казаться превосходящим один-два фута; кроме того, их расположение способствует ложному впечатлению, так как обычно эти светила кажутся меньше, когда они находятся очень высоко на южной стороне небесного свода, чем при восходе или закате, когда между ними и нашими глазами располагаются разные предметы, позволяющие лучше судить о расстояниях. Астрономы, определяя размеры луны или солнца с помощью своих инструментов, часто убеждаются, что причиной кажущегося изменения их величин

является не изменение угла, под которым мы их рассматриваем, а то, что они представляются нам ближе или дальше. Отсюда следует, что аксиома древней оптики, согласно которой кажущаяся величина предметов пропорциональна величине угла, под которым мы их видим, не всегда правильна. Одна из причин ошибок заключается в том, что белые или самосветящиеся тела, равно как и все те, которые обладают значительной силой, возбуждающей чувство зрения, кажутся всегда несколько ближе и больше, чем если бы они были темнее. Действительно, причина, вследствие которой они представляются более близкими, заключается в том, что зрачок, во избежание слишком яркого света, сокращается, и это движение настолько тесно связано с тем движением, которое совершает глаз, чтобы отчетливо видеть близкие предметы, и которое позволяет оценить расстояние, что одно никогда не может совершаться без другого, так же как нельзя полностью сжать два первых пальца руки без того, чтобы третий палец слегка не согнулся, как бы желая присоединиться к ним[31]. Причина, вследствие которой белые или самосветящиеся тела кажутся бо́льшими, заключается не только в том, что оценка их величины связана с оценкой расстояния, но еще и в том, что их изображения как бы отпечатываются на дне глаза, причем они имеют увеличенные размеры: это происходит ввиду того, что окончания волокон оптического нерва, устилающего дно глаза, хотя и очень тонки, все же имеют некоторую величину; каждое из них может быть возбуждено в одной части каким-либо одним предметом, а в других — иными; но так как волокно всякий раз может быть раздражено только определенным способом, то оно, если какая-нибудь его маленькая часть возбуждена очень ярким предметом, а остальные части — другими, менее яркими, целиком подвергается раздражению наиболее сильного импульса и передает лишь его изображение, исключая остальные. Допустим, что окончания

Рис. 30.

тонких волокон обозначаются цифрами *1*, *2*, *3* (рис. 30); тогда лучи, создающие, например, изображение звезды, падают на волокна, отмеченные *1*, и несколько дальше вокруг них на концы шести других, обозначенных *2*, на которые не ложатся другие лучи, за исключением очень слабых, исходящих из частей неба, окружающих эту звезду; ее изображение будет распространяться на площадь, занятую шестью точками *2*, и, кроме того, возможно, на все пространство, заполненное двенадцатью точками, отмеченными *3*, если сила движения настолько велика, что она сообщается даже им. Таким образом, вы видите, что звезды, несмотря на то, что кажутся достаточно малыми, представляются тем не менее бóльшими, чем следовало бы ожидать, исходя из очень большого расстояния, отделяющего их от земли[32]. И хотя они не вполне круглые, но кажутся таковыми. По той же причине квадратная башня, рассматриваемая издали, производит впечатление круглой, и все предметы, рисующие в глазу лишь очень маленькие изображения, не могут дать точного представления об углах. Наконец, оценка расстояния, производимая с помощью величины, формы, цвета или яркости картины, где соблюдается перспектива, достаточно показывает, как легко ошибиться; поскольку предметы, которые на ней изображены, меньше, чем они должны быть согласно нашим представлениям, их контуры мягче, а цвета темнее или слабее, постольку они нам кажутся более далекими, чем есть на самом деле.

Глава VII

О СРЕДСТВАХ УЛУЧШЕНИЯ ЗРЕНИЯ

После того как мы достаточно изучили процесс зрения, подытожим в нескольких словах сказанное ранее и представим себе условия, необходимые для его совершенствования; учитывая все, предусмотренное природой, мы могли бы перечислить то, что может быть пополнено искусственным путем. Все

обстоятельства, которые нужно принимать во внимание, следует свести к трем главным, а именно: предметам, внутренним органам, воспринимающим действие предметов, и внешним органам, располагающим эти действия так, чтобы они были восприняты должным образом. Что касается предметов, то здесь надо лишь упомянуть, что одни близки и доступны, другие далеки и недостижимы; одни больше освещены, другие — меньше; о доступных предметах достаточно сообщить, что их можно удалять или приближать, увеличивать или уменьшать свет, который их озаряет, в зависимости от нашего удобства; если говорить об остальных предметах, то следует заметить, что в их расположении мы ничего менять не можем. Что касается внутренних органов, а именно нервов и мозга, то ясно, что и здесь искусственными методами ничего невозможно изменить в их строении, так как нельзя сделать себе новое тело; а если врачи и могут что-нибудь предпринять в этом отношении, то данный вопрос не затрагивает нашей темы. Таким образом, нам остается рассмотреть только внешние органы; сюда относятся прозрачные части глаза, а также различные тела, которые могут быть помещены между ним и предметом; я нахожу, что все, на что воздействуют внешние органы, может быть сведено к четырем пунктам. Во-первых, лучи, которые неизбежно попадают на каждый конец оптического нерва, должны притти, поскольку возможно, из одной части предмета, не претерпев никакого изменения в промежутке, находящемся между ними и глазом: без этого создаваемые ими изображения не могут в полной мере походить на предметы и быть достаточно резкими. Во-вторых, необходимо, чтобы изображения были очень большими не в смысле занимаемого ими пространства (ибо они могут покрывать небольшую площадь, составляющую дно глаза), но в отношении размеров их рисунка или отдельных элементов, что, очевидно, способствует легкости их различения. В-третьих лучи, создающие изображения, должны быть достаточно сильными, чтобы раздражать тонкие волокна оптического

нерва и вызывать ощущение света, но не настолько, чтобы повредить зрение. В-четвертых, необходимо, чтобы число предметов, изображение которых одновременно возникает в глазу, было наибольшим, дабы можно было одним взглядом окинуть побольше предметов.

Для первой из указанных целей природа создала несколько способов[33]: поскольку глаз заполнен очень прозрачными и бесцветными жидкостями, постольку всякое воздействие, исходящее извне, доходит до дна глаза, не претерпевая изменений; преломление, вызываемое поверхностями этих жидкостей, приводит к тому, что лучи, по которым передаются воздействия, собираются в одну точку около нерва, если они направляются из одной точки; лучи, идущие из многих точек, концентрируются в таком же числе точек с максимально возможной точностью. Мы должны признать, что в этом отношении природой сделано все возможное, тем более, что опыт подтверждает наше суждение. Мы даже видим, что для уменьшения недостатка, которого нельзя целиком избежать, предусмотрена возможность сокращения зрачка почти в той же мере, как и силы света; благодаря черному цвету, в который окрашены все непрозрачные части глаза, лежащие против нерва, для других лучей исключена возможность дойти до этих мест; наконец, посредством изменения формы хрусталика природа позволила лучам, идущим из предметов, находящихся на разных расстояниях от глаза, собираться с максимально возможной точностью в такое же количество других точек на дне глаза.

Однако в этом отношении дело обстоит не так уж хорошо, чтобы нельзя было кое-что улучшить; природа никому из нас не дала возможности настолько искривлять поверхности глаза, чтобы мы могли отчетливо видеть очень близкие предметы, находящиеся, например, на расстоянии пальца или полпальца; еще хуже обстоит дело с теми, у кого глаза обладают такой формой, что они могут рассматривать только далекие предметы, что случается преимущественно

у стариков, а также лиц, зрение которых приспособлено только для наблюдения близких предметов — явление, обычное у молодых людей. Следовательно, можно предполагать, что глаза в первые годы жизни имеют несколько более удлиненную форму, которая в старости меняется в сторону укорочения, увеличиваясь в поперечном направлении[34].

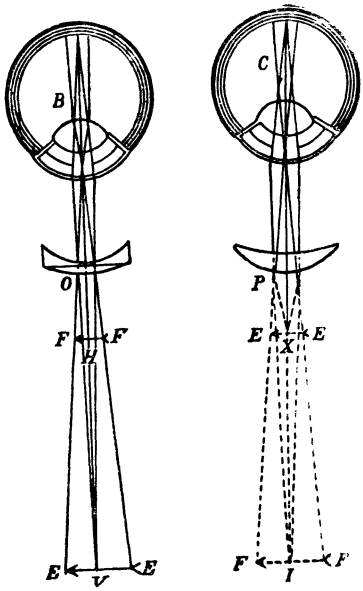


Рис. 31.

Коль скоро мы хотим исправить указанные дефекты искусственным путем, надо будет раньше найти форму линз из стекла или другого прозрачного вещества, которая отклонила бы лучи, падающие на нее, таким образом, чтобы лучи, исходящие из одного предмета, после преломления в ней вели бы себя так, как если бы они распространились от более близких или более далеких предметов. Первый случай относится к близоруким людям, а второй — к старикам и вообще к тем, кто желает видеть предметы, более близкие, чем позволяет им зрение. Рассмотрим, например, глаз B (рис. 31) или C, приспособленный к тому, чтобы все лучи, распространяющиеся из точек H или I, собирались в середине его дна; чтобы лучи, устремляющиеся из точки V или X, концентрировались там же, надлежит впереди поставить стекло O или P, которое направило бы лучи из точек V или X так же, как если бы они исходили из H или I; этим способом будет устранен недостаток глаза. Поскольку линзы, приводящие в этом отношении к одному и тому же результату, могут быть различной формы, постольку для выбора наилучшей из них следует обратить внимание на соблюдение еще двух условий:

во-первых, нужно, чтобы форма была наиболее простой для описания и весьма удобной для шлифовки, и, во-вторых, необходимо, чтобы лучи, идущие из таких точек предмета, как *EE*, проникали в глаз после преломления в линзе приблизительно так же, как если бы они исходили из других точек, например из *FF*. Обратите внимание на то, что я говорю „приблизительно", а не „насколько возможно"; действительно, весьма трудно определить в точности, основываясь на геометрических соображениях, среди бесконечного числа фигур, пригодных для указанной цели, те из них, которые были бы самыми подходящими; кроме того, это оказалось бы совершенно бесполезным, так как сам глаз не концентрирует лучей, идущих из разных точек, в точные изображения этих точек; вот почему можно выбирать лишь приблизительно, тем более, что структура глаза никому доподлинно не известна. С другой стороны, когда прозрачное тело ставится перед глазами, мы должны стараться подражать, поскольку это возможно, природе, чтобы сохранить все преимущества, которыми она нас наделила, и даже приобрести новые, более существенные.

Что касается величины изображения, то надо заметить, что она зависит только от трех причин: во-первых, от расстояния между предметом и местом преломления лучей, исходящих из различных его точек по направлению к сетчатке, во-вторых, от расстояния между изображением и дном глаза и, в-третьих, от преломления этих лучей. Очевидно, что изображение *RST* (рис. 27) было бы больше, чем оно есть, в случае: а) если бы предмет *VXY* находился ближе к месту *K*, где пересекаются лучи *VKR* и *YKT*, или, точнее, к поверхности *BCD*, которая, в сущности, представляет собой место, где они начинают пересекаться (как вы увидите дальше); б) если бы можно было придать глазу более удлиненную форму, чтобы увеличить расстояние от поверхности *BCD*, где пересекаются лучи, до сетчатки *RST*; в) если бы удалось изменить величину преломления в таком направлении, чтобы лучи сходились не столько внутри, к середине *S*, сколько снаружи

И что бы ни придумывали, помимо трех указанных возможностей, нет ничего другого, что могло бы увеличить размеры изображения; при этом последняя возможность весьма ничтожна, так как с ее помощью удается лишь очень незначительно увеличить изображение, к тому же с таким трудом, что проще использовать одну из первых двух, о чем вы сейчас узнаете.

Итак, мы видим, что природа пренебрегла третьим способом. Заставим лучи *VKR* и *YKT* отклониться внутрь к точке *S* на поверхностях *BCD* и *1 2 3*; изображение *RST* стало несколько меньше по сравнению с тем, что могло бы получиться, если бы они отклонились наружу, например к точке 5 на поверхности *4 5 6*, или если бы они прошли без преломления. В случае, когда предметы совершенно недостижимы, первый из приведенных способов отпадает, но коль скоро они доступны, то очевидно, что чем они ближе, тем изображения, создаваемые ими на дне глаза, больше. Отсюда следует, что природа не дала нам возможности рассматривать предметы ближе, чем на фут или половину фута. Чтобы искусственным путем добиться максимально возможного, достаточно ввести линзу *P* (рис. 31), о которой только что говорилось; линза *P* действует таким образом, что все лучи, направляющиеся из наиближайшей точки, проникают в глаз так, как если бы они исходили из самой отдаленной точки; все, чего можно достичь указанным способом, сводится к тому, что между глазом и предметом остается одна двенадцатая или одна пятнадцатая часть того расстояния, которое понадобилось бы в случае отсутствия линзы; следовательно, лучи, идущие из разных точек этого предмета, пересекаются в двенадцать или пятнадцать (или даже большее число) раз ближе к нему, так как они будут пересекаться не на поверхности глаза, а, точнее, на поверхности линзы, которая находится несколько ближе к предмету; изображение должно иметь диаметр в двенадцать или пятнадцать раз больший, чем при отсутствии линзы; таким образом, его пло-

щадь будет приблизительно в двести раз больше, и предмет представится примерно в двести раз отчетливее, вследствие чего он покажется увеличенным, причем не в двести раз, а больше или меньше, в зависимости от оценки расстояния. Допустим, что при рассматривании предмета X через стекло P глаз C аккомодируют на расстояние в двадцать-тридцать шагов от него; поскольку расположение предмета X не известно, но предполагают, что он находится в тридцати шагах, постольку он кажется в миллион раз больше, чем в действительности: так блоха делается больше слона, ибо несомненно, что изображение, создаваемое блохой на дне глаза, когда она близка, не меньше, чем то, которое образует слон, когда он находится в тридцати шагах. И только на этом основано изобретение маленьких „труб для блох", состоящих из одного стекла и получивших довольно широкое распространение, хотя до сих пор не выяснена истинная форма, которую они должны иметь. Так как известно, что рассматриваемый объект располагается очень близко, когда применяется эта труба, то он не может казаться настолько большим, каким он представлялся бы тому, кто воображал бы его более удаленным [35].

Остается лишь один способ для увеличения размеров изображений — заставить лучи, идущие из различных точек предмета, пересекаться возможно дальше от центра дна глаза; этот способ, несомненно, самый важный и самый главный из всех, ибо он единственный, который может служить для рассматривания недостижимых предметов так же, как и доступных, и его действие не имеет границ; другими словами, с его помощью можно увеличивать изображение все сильнее и сильнее, до бесконечно больших размеров.

Поскольку первая из трех жидкостей, наполняющих глаз, вызывает приблизительно такое же преломление, какое порождает обычная вода, постольку — если прикладывать к глазу наполненную водой трубу EF (рис. 32), в конце которой имеется стекло GHI, обладающее формой, совершенно подобной той, какая наблюдается у оболочки BCD, ограничивающей

эту жидкость и имеющей общий с нею центр кривизны, — у входа в глаз не произойдет никакого преломления; однако то преломление, которое раньше совершалось на поверхности глаза, теперь возникает у входа в трубу *GI*; следовательно, лучи, пересекаясь уже здесь, дадут изображение *RST* значительно большее, чем если бы они пересекались на поверхности *BCD*, и это изображение будет тем больше, чем длиннее труба. Поскольку вода *EF* заменяет жидкость *K*, стекло *GHI* играет роль оболочки *BCD*, а вход в трубу *GI* исполняет функцию глазного зрачка, постольку зрение осуществляется таким образом, как если бы природа сделала глаз глубже на всю длину трубы, причем следует заметить, что истинный зрачок окажется тогда не только бесполезным, но даже вредным, так как он остановит из-за своей малой величины те лучи, которые могли бы итти по краям ко дну глаза, и воспрепятствует образованию изображения на сетчатке. Я должен вас предупредить, что частичные преломления происходят в стекле *GHI* несколько иначе, чем в воде, где они весьма незначительны, так как толщина стекла постоянна; если его первая поверхность отклоняет лучи несколько больше, чем это сделала бы поверхность воды, то вторая поверхность отклоняет их на столько же в обратную сторону; по этой же причине я не говорил о преломлениях, вызываемых оболочками глаза, а касался только тех, которые порождаются жидкостями.

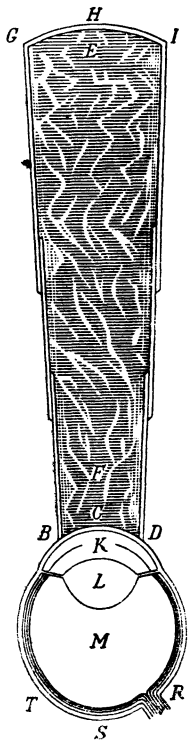


Рис. 32.

Однако было бы очень неудобно приставлять к глазу трубу, заполненную водой по указанному мною способу; кроме того, из-за незнания точной формы оболочки *BCD*,

облегающей глаз, нет возможности безошибочно определить форму линзы, которая должна ее заменить. Лучше использовать другое изобретение, состоящее из одной или нескольких линз или других прозрачных тел, также заключенных в трубу, не касающихся глаза и оставляющих между ним и трубой небольшую воздушную прослойку. Начиная от входа в трубу, лучи, идущие из одной и той же точки предмета, соответствующим образом отклоняются, чтобы затем соединиться в той точке на дне глаза, которая служила изображением первой точки, создаваемым через водяную трубу. Лучи, направляющиеся из других точек, после прохождения через трубу, устремляются к глазу точно так же, как если бы они исходили от более близкого предмета. Лучи, распространяющиеся из различных точек и пересекающие друг друга у входа в трубу, не разделяются у выхода из нее, но направляются к глазу точно таким же образом, как если бы они исходили из предмета, более близкого или бóльших размеров. Допустим, что труба HF (рис. 33) целиком заполнена стеклом, одна поверхность которого GHI обладает такой формой, которая заставляет все лучи, идущие из точки X, распространяться в стекле по направлению к точке S. Пусть другая поверхность стекла KM снова отклонит лучи таким образом, что они направятся оттуда к глазу подобно тому, как если бы они исходили из точки x, расположенной так, что прямые xC и CS находились бы в том же соотношении, что и XH и HS; лучи, идущие из точки V, непременно пересекут прямые xC и CS на поверхности GHI, когда эти лучи достигнут другого конца трубы, они окажутся достаточно удаленными от первых, так как поверхность KM не может их вновь приблизить, особенно если она вогнута, как я предположил; они окажутся отклоненными к глазу так, как если бы эти лучи исходили из точки y; поэтому они создают изображение RST тем большее, чем длиннее труба, причем для определения формы прозрачных тел, которыми придется пользоваться для этой цели, не требуется знать точно, какова форма поверхности BCD.

Так как трудно найти стекло или другие аналогичные тела, которые обладали бы достаточной толщиной, чтобы заполнить всю трубу, и достаточной прозрачностью, чтобы не препятствовать прохождению света, то всю внутренность трубы следует сохранить пустой и поместить на обоих концах только два стекла, которые оказывали бы то же действие, что обе поверхности *GHI* и *KM*. Только на этом одном принципе основаны изобретенные недавно зрительные трубы, образованные из двух стекол, вделанных в два конца трубы, которые и дали мне повод написать данный трактат.

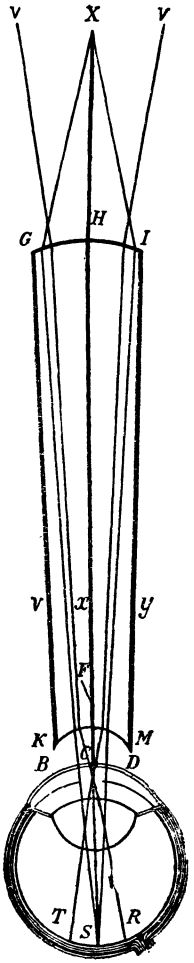


Рис. 33

Что касается третьего условия, необходимого для совершенствования зрения, зависящего от внешних органов, т. е. чтобы импульсы, раздражающие каждое волокно оптического нерва, не были бы ни слишком сильны, ни слишком слабы, то природа позаботилась об этом, дав глазу свойство суживать и расширять зрачки; все же и здесь она оставила возможность ввести улучшения; если импульсы настолько сильны, что невозможно сузить зрачки в такой мере, чтобы их претерпеть, например при рассматривании солнца, то легко помочь этому, прикладывая к глазу какое-либо черное тело, в котором проделано очень узкое отверстие, служащее зрачком, либо, наблюдая через крэп или какое-нибудь другое темное вещество, пропускающее в глаз только такое количество лучей от каждой части предмета, какое необходимо, чтобы раздражить оптический нерв, не нанося ему вреда. Если, наоборот,

импульсы слишком слабы для того, чтобы мы были в состоянии их ощущать, то у нас имеется возможность значительно усилить их, по крайней мере тогда, когда предметы доступны, освещая их собранными посредством зеркала или чечевицы лучами солнца с максимально возможной силой и следя за тем, чтобы не повредить этих предметов.

Кроме того, используемые нами зрительные трубы, уже описанные мною, делают зрачок ненужным и заменяют его отверстием, через которое они получают свет с наружной стороны; это отверстие следует увеличивать либо суживать в зависимости от того, хотят ли усиливать или ослаблять зрительные ощущения. Надо заметить, что если отверстие сделать не больше, чем зрачок, то лучи будут действовать на каждую часть сетчатки менее сильно, чем в случае отсутствия трубы, причем в той же пропорции, в которой увеличиваются изображения, если не считать того, что поверхности, поставленные на пути лучей линз, уменьшают силу света. Но можно сделать отверстие значительно шире, тем более, что линза, выпрямляющая лучи, находится ближе к точке, куда их направляет второе стекло. Линза *GgHI* (рис. 34) собирает все лучи, идущие из рассматриваемой точки, в точку *S*, а линза *KLM* выпрямляет их, так что оттуда они направляются к глазу параллельным пучком. Чтобы найти наибольшую ширину, которой должно обладать отверстие трубы, нужно, чтобы расстояние между точками *K* и *M* было равно диаметру зрачка; проведя из точки *S* две прямые линии, проходящие через *K* и *M*, а именно: *SK*, которую необходимо продолжить до *g*, и *SM*, которую надо продлить до *i*,

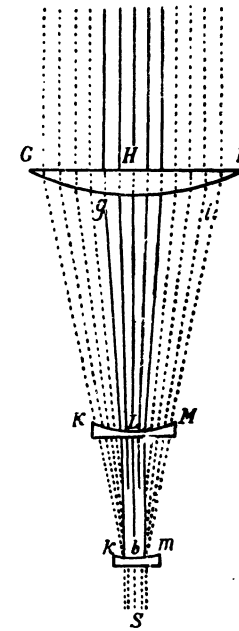


Рис. 34.

получаем gi в качестве величины искомого диаметра; совершенно очевидно, что даже если этот диаметр сделать значительнее по величине, в глаз не попадет больше лучей из рассматриваемой точки, а что касается лучей, которые могли бы проникнуть в глаз из других мест, то они не помогли бы зрению, а наоборот, сделали бы его расплывчатым. Коль скоро вместо линзы KLM пользуются kbm, которая из-за своей формы должна располагаться ближе к точке S, расстояние между точками k и m нужно будет снова брать равным диаметру зрачка; далее, проводя прямые линии SkG и SmI, получают GI в качестве диаметра искомого отверстия, который, как вы видите, больше gi в той же пропорции, в какой отрезок SL значительнее (по размерам) отрезка Sb. В том случае, когда отрезок Sb не превышает диаметра глаза, зрение становится таким сильным и ярким, словно мы пользовались трубой, а предметы находились ближе, чем они есть на самом деле, настолько, насколько они кажутся больше; коль скоро длина трубы приводит, например, к тому, что изображение предмета, отдаленного на тридцать лье, на сетчатке глаза так же велико, как если бы он был удален на тридцать шагов, и коль скоро диаметр отверстия будет таким, как я только что определил, то указанный предмет станет так же хорошо виден, как если бы он действительно находился в тридцати шагах и его рассматривали без трубы. В том случае, когда можно еще уменьшить расстояние между точками S и b, яркость будет еще сильнее[36].

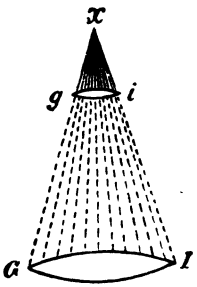


Рис. 35.

Однако приведенные рассуждения справедливы преимущественно в отношении недостижимых предметов; для рассматривания доступных предметов отверстие трубы может быть тем у́же, чем они ближе, при этом яркость не становится слабее. Как вы видите, в маленькую линзу gi (рис. 35) попадает лучей, исходящих из точки x, не меньше, чем в боль-

шую линзу *GI*; наконец, отверстие не должно быть больше приставляемой к нему линзы, а последняя из-за своей формы не может превышать некоторой величины, которую я впоследствии определю.

Если свет, исходящий из предметов, слишком ярок, его легко ослабить, затемнив края линзы у входа в трубу. Это целесообразнее, нежели ставить впереди несколько мутных или цветных стекол, как поступают некоторые при рассматривании солнца; обратите внимание, что чем меньше отверстие, тем отчетливее зрение, как было сказано ранее по поводу зрачка. Следует также заметить, что лучше закрыть линзу снаружи, чем внутри, чтобы отражения, которые происходят на краях ее поверхности, не направляли в глаз никаких лучей, ибо они, не помогая при наблюдениях, могут только мешать[37].

Осталось разобрать лишь одно условие, выполнение которого желательно для обеспечения работы внешних органов, а именно: предоставление возможности одновременно рассматривать наибольшее число предметов. Это условие связано не с желанием видеть лучше, а со стремлением видеть больше. Вообще говоря, нельзя сразу отчетливо воспринимать зрением свыше одного предмета; удобство обозрения (хотя бы неясного) нескольких предметов полезно главным образом для того, чтобы знать, в какую сторону нужно будет в следующий момент повернуть глаза, дабы рассматривать тот из них, который захочется внимательнее наблюдать. В этом отношении природа сделала все возможное, и никакими способами мы не в состоянии что-либо улучшить. Наоборот, чем больше увеличиваются посредством зрительных труб размеры элементов изображения, создаваемого на сетчатке, тем меньше получается на ней воспроизведений предметов, так как пространство, занимаемое ею, никоим образом нельзя увеличить, разве только, может быть, в очень слабой степени путем оборачивания изображений, что нежелательно по другим причинам[38]. В том случае, когда пред-

меты доступны, весьма несложно переставить тот из них, который должен быть рассмотрен на том месте, откуда его можно наиболее отчетливо видеть через трубу; если же они недостижимы, то легко поставить трубу на приспособление, которое позволяет без труда повернуть ее в желаемую сторону, и тогда ничего не будет пропущено из всего того, что делает это четвертое условие настолько важным.

Наконец, чтобы ничего не упустить, я должен вас предупредить, что дефекты глаза, заключающиеся в том, что хрусталик и зрачок не в состоянии достаточно изменять свою форму, могут понемногу уменьшаться и исправляться путем длительной работы; это происходит по причине того, что хрусталик и оболочка, содержащая зрачок, представляют собою настоящие мускулы; их функции облегчаются и развиваются, когда их тренируют, так же, как и функции всех остальных мускулов нашего тела. Поэтому охотники и матросы, упражняясь в наблюдении очень отдаленных предметов, а также граверы и другие ремесленники, выполняющие исключительно тонкие работы, рассматривая весьма близкие предметы, обычно приобретают умение видеть более отчетливо, чем другие люди. Подобным же образом индейцы, о которых говорят, что они в состоянии пристально смотреть на солнце, не повреждая зрения, вероятно, в былое время, часто рассматривая чрезвычайно яркие предметы, постепенно приучили свои зрачки суживаться сильнее, чем это могут делать наши зрачки [39]. Однако приведенные рассуждения относятся к медицине, цель которой — содействовать улучшению зрения и лечению естественных органов, а не к диоптрике; назначение последней заключается в исправлении тех же недостатков путем применения различных искусственных приспособлений.

Глава VIII

О ФИГУРАХ, КАКИМИ ДОЛЖНЫ ОБЛАДАТЬ ПРОЗРАЧНЫЕ ТЕЛА, ЧТОБЫ ПРЕЛОМЛЯТЬ ЛУЧИ ВСЕМИ СПОСОБАМИ, ПОЛЕЗНЫМИ ДЛЯ ЗРЕНИЯ

Прежде чем подробнее рассказать вам о том, как нужно изготовлять эти искусственные приспособления, чтобы сделать их наиболее совершенными, я обязан предварительно объяснить, какой формой должны обладать поверхности прозрачных тел, чтобы отклонять световые лучи всевозможными способами, могущими служить для моей цели; если мое изложение не будет вполне ясным и понятным всем, ибо это довольно сложный вопрос геометрии, то я постараюсь быть достаточно вразумительным хотя бы для тех, кто знает первые элементы данной науки. Сначала, чтобы не держать их в неведении, я скажу, что все фигуры, о которых пойдет речь, составлены лишь из эллипсов и гипербол, а также окружностей и прямых линий.

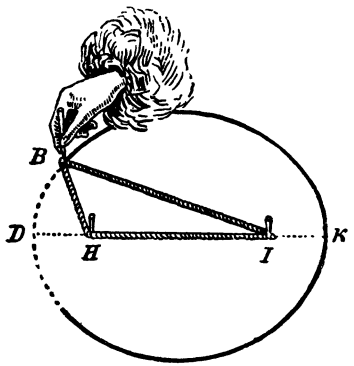


Рис. 36.

Эллипс, или овал, представляет собой кривую, которую описывают математики, отсекая вкось конус или цилиндр; я видел также, как ее применяют садовники при разделении своих цветников, для чего они описывают ее довольно грубым и неточным способом, который, как мне кажется, проще объясняет природу этой кривой, чем сечение цилиндра или конуса. Они вбивают в землю два кола, например один в точке *H*, другой в точке *I*, и привязывают к ним оба конца веревки *BHI*, как показано на рис. 36; далее, натягивая пальцем веревку, причем всегда с одинаковой

силой, чтобы она была все время равномерно напряжена, проводят его вокруг двух кольев и таким образом описывают на земле кривую линию DBK, представляющую собой эллипс. Если, не меняя длины веревки BHI, они вобьют колья H и I несколько ближе друг к другу, то опять опишут эллипс, который, однако, будет другого рода, чем предыдущий. В том случае, когда садовники вколотят колья еще ближе друг к другу, они снова опишут эллипс; наконец, коль скоро оба кола соединят вместе, они опишут окружность. Наоборот, если садовники в одинаковой пропорции уменьшат длину веревки и расстояние между кольями, они опишут эллипсы различной величины, но всегда одного рода. Таким образом, вы видите, что существует бесконечное число видов эллипсов, отличающихся друг от друга не меньше, чем от окружности, и что для каждого рода эллипсы могут быть разной величины; если, например, из точки B, произвольно взятой на одном из эллипсов, провести две прямые к точкам H и I, где вбиты оба кола, то эти два отрезка BH и BI, соединенные вместе, будут равны своему большему диаметру DK, что легко доказать построением: часть веревки, идущая от I к B и оттуда изгибающаяся в сторону H, подобна той, которая идет от I к K или D и оттуда делает поворот к H, так что DH равна IK; $HD + DI$, равные $HB + BI$, вместе с тем равны всей линии DK. Наконец, эллипсы, описанные при постоянном соотношении их бо́льшего диаметра DK и расстояния между точками H и I, всегда оказываются одного рода. В связи с известным свойством точек H и I, о чем вы услышите позже, мы их назовем горящими точками [40], одна из которых внутренняя, другая внешняя: если их отнести к половине эллипса, содержащей точку D, I будет внешней точкой; если их отнести к половине, заключающей в себе точку K, I окажется внутренней точкой; следует иметь в виду, что когда мы говорим о горящей точке (фокусе), не указывая, о какой именно, мы всегда подразумеваем внутреннюю. Кроме того, вы должны

знать, что коль скоро через точку B проводят две прямые линии LBG и CBE (рис. 37), пересекающие друг друга под прямым углом, одна из которых — LG — делит угол HBI на две равные части, то другая — CE — будет касаться эллипса в точке B; я не привожу здесь доказательства, так как геометры его хорошо знают, а другим было бы не интересно слушать. Но я намерен главным образом объяснить вам следующее: в том случае, когда из точки B, расположенной снаружи эллипса, проводят прямую линию BA, параллельную большому диаметру DK, и, приняв ее равной BI, из точек A и I опускают на LG два перпендикуляра AL и IG, то эти отрезки AL и IG будут находиться в том же соотношении, что и отрезки DK и HI. Следовательно, если линия AB представляет собой световой луч, а эллипс DBK — поверхность твердого прозрачного тела, через которое, согласно вышесказанному, лучи проникают легче, чем через воздух, в том же соотношении, в каком отрезок DK относится к HI, то луч AB будет отклонен в точке B поверхностью прозрачного тела так, что он направится оттуда в точку I. Поскольку точка B на эллипсе взята произвольно, все, что сказано о луче AB, может быть распространено вообще на любые лучи, падающие на какую-либо точку эллипса параллельно оси DK, причем все они будут отклонены таким образом, что пройдут через I.

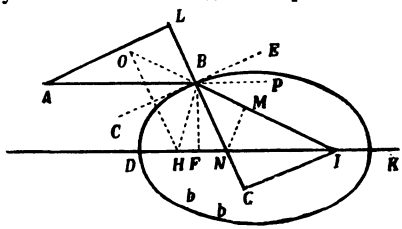


Рис. 37.

Это доказывается следующим образом: если из точки B провести линию BF, перпендикулярную KD, и из точки N, где пересекаются LG и KD, прямую NM, перпендикулярную IB, то AL будет относиться к IG, как BF к NM. Ибо, с одной стороны, треугольники BFN и BLA подобны, потому что они оба прямоугольны, отрезки NF и BA па-

раллельны, а углы *FNB* и *ABL* равны; с другой стороны, и треугольники *NBM* и *IBG* подобны, так как они прямоугольны и у них угол *B* общий. Кроме того, оба треугольника *BFN* и *BMN* находятся между собой в том же отношении, в каком *ALB* и *BGI*, ибо поскольку основания обоих *BA* и *BI* равны, отрезок *BN*, будучи основанием треугольника *BFN*, равен самому себе, потому что он вместе с тем оказывается основанием треугольника *BMN*; отсюда, очевидно, следует, что *BF* относится к *NM* так же, как *AL*, являющаяся стороной треугольника *ALB* (рис. 38), которая соответствует *BF* в треугольнике *BFN*, т. е. противостоит тому же самому углу и относится к *IG*, стороне треугольника *BGI*, соответствующей стороне *NM* треугольника *BNM*. Далее, *BF* относится к *NM*, как *BI* к *NI*, ибо оба треугольника *BIF* и *NIM*, будучи прямоугольными и имея общий угол в точке *I*, подобны. Кроме того, если провести *HO* параллельно *NB* и продолжить *IB* до *O*, мы увидим, что *BI* относится к *NI*, как *OI* к *HI*, потому что треугольники *BNI* и *OHI* подобны. Так как оба угла — *HBG* и *GBI* — одинаковы по построению, *HOB*, который равен *GBI*, в то же время равен *OHB* вследствие того, что он совершенно соответствует по величине *HBG*; следовательно, треугольник *HBO* равнобедренный; поскольку отрезок *OB* равен отрезку *HB*, вся линия *OI* равна линии *DK*, ибо *HB* и *IB*, соединенные вместе, равны ей. Таким образом, чтобы сделать выводы, нужно все повторить с начала до конца: *AL* относится к *IG* как *BI* к *NM*; *BF* относится к *NM*, как *BI* к *NI*, и *BI* относится к *NI*, как *OI* к *HI*, а *OI* равен *DK*; в силу этого *AL* относится к *IG*, как *DK* к *HI*[41].

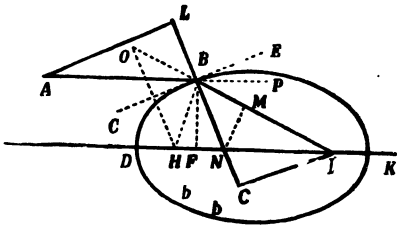


Рис. 38.

Следовательно, для того чтобы начертить эллипс *DBK*, отрезкам *DK* и *HI* придают соотношение, известное из опыта и служащее для определения преломления всех лучей, косо проходящих из воздуха в стекло или другое прозрачное тело, намечаемое к применению; в том случае, когда из стекла делают тело, имеющее фигуру, которую описал бы

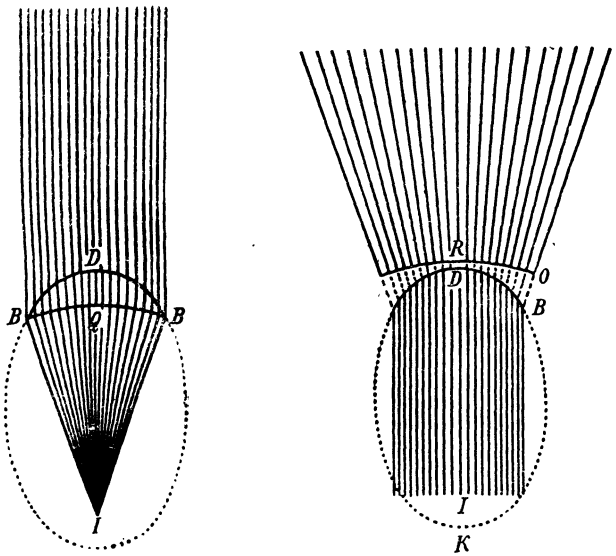


Рис. 39.

этот эллипс, если бы он вращался вокруг оси *DK*, лучи, будучи в воздухе параллельными оси *DK*, как, например, *AB*, проникая в стекло, преломятся таким образом, что непременно соберутся в одном из двух фокусов — *I* или *H*, именно в том, который наиболее удален от того места, откуда они исходят. Ибо вы знаете, что луч *AB* неизбежно отклоняется в точке *B* кривой поверхностью стекла, представляемой эллипсом *DBK*, так же, как он отклоняется плоскостью такого стекла, представляемой прямой линией *CBE*, в которой он обязательно пойдет из *B* к *I*, потому что *AL* и *IG*

относятся друг к другу, так же как DK и HI, т. е. согласно законам преломления. Поскольку точка B на эллипсе взята произвольно, все, что мы сказали в отношении луча AB, распространяется и на остальные лучи, падающие параллельно DK, и на любые точки эллипса, так что все они непременно собираются в точку I.

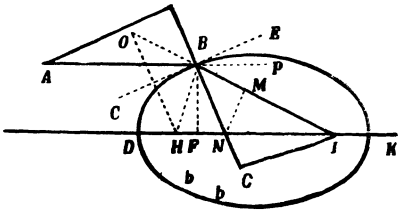


Рис. 40.

Далее, ввиду того, что все лучи, направляющиеся к центру окружности или шара, падая перпендикулярно к их поверхности, не претерпевают никакого преломления, если из центра I (рис. 39) описывают окружность на произвольном расстоянии, лишь бы она проходила между точками D и I, как BQB, кривые DB и QB, вращаясь вокруг оси DQ, опишут фигуру линзы, которая соберет в воздухе, в точке I, лучи, кои на другой стороне линзы, а также в воздухе были параллельны оси, и, наоборот, эта линза превратит лучи, исходящие из точки I, в параллельный пучок.

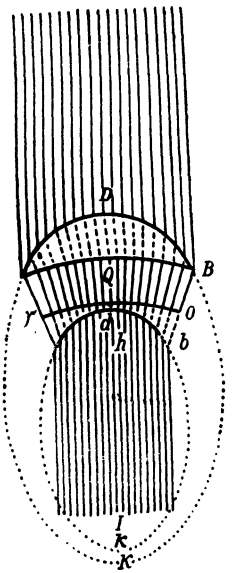


Рис. 41.

Коль скоро из того же центра I описать окружность RO на любом произвольном расстоянии за точкой D и провести прямую линию BO, проходящую через произвольную точку B на эллипсе, при условии, однако, что точка B будет не дальше от D, чем от K, таким образом, чтобы прямая BO направлялась бы в точку I, то линии RO, OB и BD, вращаемые вокруг оси DR,

опишут фигуру линзы, которая превратит лучи, распространяющиеся со стороны эллипса параллельно оси, в пучок лучей, расходящийся из точки *I*; действительно, пусть луч *PB* (рис. 40) настолько отклоняется вогнутой поверхностью стекла *DBA*, насколько луч *AB* — выпуклой поверхностью *DBK*; следовательно, *BO* должен быть на той прямой линии, на какой и *BI*, ибо *PB* находится на той же прямой, что и *BA*; так же обстоит дело с другими лучами. Если внутри эллипса *DBK* (рис. 41) описывают другой эллипс меньшего размера, но того же рода, что и *dbk*, фокус которого, обозначенный через *I*, совпадает с фокусом предыдущего эллипса, также обозначенным буквой *I*, а другой фокус — *h* — находится на той же прямой линии, направленной в ту же сторону, что и *D*, и проводят прямую линию *Bb* через точку *B*, взятую произвольно, как и раньше, причем эта прямая направлена к точке *I*, то линии *DB*, *Bb* и *bd*, вращаемые вокруг оси *Dd*, опишут фигуры линзы, обладающей таким свойством, что все лучи, которые были параллельны до попадания в нее, окажутся снова параллельными по выходе из нее. Вместе с тем они будут более сжаты и займут меньшее пространство со стороны маленького эллипса *db*, чем со стороны большого. В том случае, когда для уменьшения линзы *DBbd* из центра *C* описывают окружности *QB* и *ro*, поверхности *DBQ* и *robd* представляют собой фигуры и положения двух линз, более тонких, но обладающих тем же свойством.

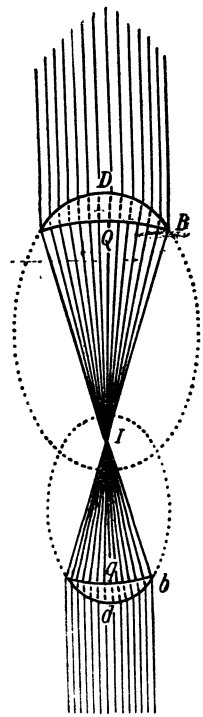


Рис. 42.

Коль скоро две подобные линзы *DBQ* (рис. 42) и *dbq*, не равные по величине, соединить так, чтобы их оси были на

одной прямой, оба их внешних фокуса, помеченные буквой *I*, совпадали, а их сферические поверхности *BQ* и *bq* оказались обращенными друг к другу, они окажут такое же действие.

Если соединить две подобные по форме линзы *DBQ* и *dbq* (рис. 43), не равные по величине, или поставить их на произвольном расстоянии друг от друга, лишь бы только их оси были расположены на одной прямой, а эллиптические

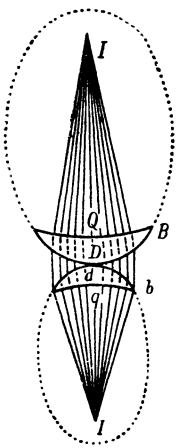
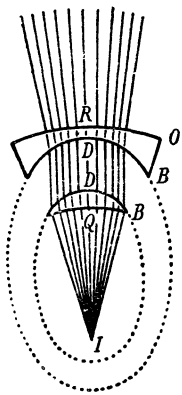


Рис. 43.



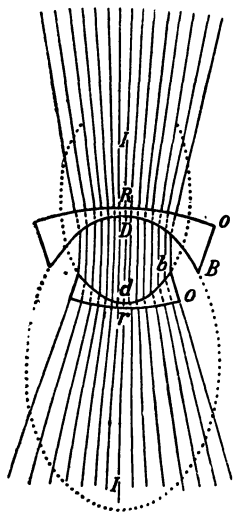


Рис. 44.

поверхности обращены друг к другу, то они соберут все лучи, идущие из фокуса одной из них, помеченного буквой *I*, в другой фокус, также помеченный буквой *I*.

Если соединить две разные по форме линзы *DBQ* и *DBOR* таким образом, чтобы их поверхности *DB* и *BD* были повернуты друг к другу, то они обратят пучок лучей, распространяющихся из точки *I* фокуса линзы *DBQ*, в пучок лучей, исходящих из точки *I* фокуса линзы *BDOR*, или, напротив, соберут лучи, направляющиеся к точке *I*, в другую точку, обозначенную также буквой *I*.

Наконец, если соединить две линзы *dbor* и *DBOR* (рис. 44) так, чтобы их поверхности *db* и *BD* были обращены друг к другу, то лучи, стремящиеся после прохождения первой из линз к точке *I*, снова разойдутся по выходе из второй, как если бы они распространялись из другой точки *I*. Можно произвольно менять расстояние до каждой из точек, помеченных *I*, *I*, изменяя величину эллипса, от которого оно зависит. Следовательно, только с помощью эллипса и окружности можно определить линзы, обладающие таким свойством, что лучи, исходящие из одной точки или направленные к одной точке, или параллельные, могут принимать любое из трех перечисленных расположений в любых возможных комбинациях.

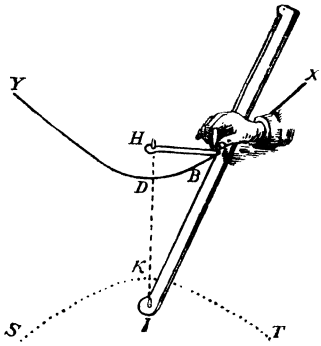


Рис. 45.

Гипербола, так же как и эллипс, представляет собой кривую, которую математики описывают как сечение конуса; чтобы вы поняли ее свойства, я опять воспользуюсь примером с садовником, употребляющим ее для составления рисунка какого-нибудь цветника. Он снова вбивает колья в точках *H* и *I* (рис. 45) и, привязав к концу длинной линейки конец веревки, несколько более короткой, чем в ранее рассмотренном случае, делает круглое отверстие на другом конце линейки, в которое он вводит кол *I*, и петлю на противоположном конце веревки, которую накидывает на второй кол *H*. Затем, ставя палец в точку *X*, где они привязаны друг к другу, садовник опускает его вниз до точки *D*, беспрестанно придерживая веревку вплотную к линейке на участке от точки *X* до места, в котором он ее касается, одновременно натягивая ее и тем самым заставляя линейку вращаться вокруг кола; по мере того как садовник опускает свой

палец, он проводит на земле кривую линию *XBD*, которая оказывается частью гиперболы; затем, вращая линейку по другую сторону к *Y*, он таким же образом наносит остальную часть *YD*; кроме того, если садовник накидывает петлю веревки на кол *I*, а конец линейки насаживает на кол *H*, он начертит другую гиперболу *SKT*, совершенно подобную по конфигурации предыдущей, но лежащую на противоположной стороне. Однако в том случае, когда, не меняя ни кольев, ни линейки, садовник удлиняет только веревку, он описывает гиперболу иного рода, а если сделает ее более длинной, то начертит еще одну гиперболу, отличную от предыдущей; продолжая подобным образом и удлиняя веревку до длины линейки, он опишет вместо гиперболы прямую линию; далее, коль скоро садовник меняет расстояние между кольями в том же соотношении, что и разность длин линейки и веревки, он начертит однородные гиперболы, однако подобные части их будут отличаться по величине. Наконец, если садовник одинаково увеличивает длину веревки и линейки, не меняя ни разности их длин, ни расстояния между двумя кольями, он всегда начертит одну и ту же гиперболу, причем теперь сможет описать ее бóльшую часть, ибо эта кривая обладает таким свойством, что, хотя она все сильнее и сильнее искривляется в одну сторону, ее можно продлить до бесконечности без того, чтобы ее концы когда-нибудь встретились; отсюда следует, что в некотором отношении она находится в том же родстве с прямой линией, в каком состоит эллипс с окружностью; вы видите также, что существует бесконечное число различного рода гипербол и в каждом из них беспредельное количество подобных кри-

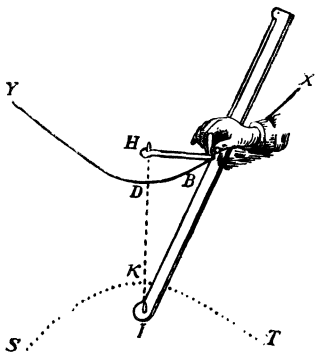


Рис. 46.

вых. Далее, если, например, через точку B (рис. 46), произвольно взятую на одной из гипербол, провести две прямые к двум точкам H и I, где вбиты колья (точки H и I мы опять назовем фокусами), то разность двух отрезков HB и IB всегда будет равна отрезку DK, совершенно соответствующему по величине расстоянию между двумя противоположными ветвями гиперболы; указанное обстоятельство вытекает из того, что BI длиннее BH как раз настолько, насколько линейка длиннее веревки, и что DI в такой же мере длиннее DH; ибо, если DI укоротить на отрезок KI, который равняется DH, их разность составит DK. Наконец, вы видите, что все гипер-

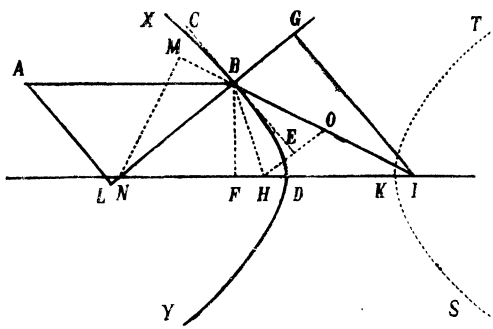


Рис. 47.

болы, начерченные при одном и том же соотношении между DK и HI, одного рода; кроме того, вам необходимо знать, что коль скоро через точку B (рис. 47), произвольно взятую на гиперболе, провести прямую линию CE, разделяющую угол HBI на две одинаковые части, прямая CE коснется гиперболы в точке B, доказательство чего геометрам хорошо известно.

Здесь я намерен вам разъяснить, что если через эту же точку B провести внутрь гиперболы прямую линию BA, параллельную DK, и прямую LG, пересекающую CE под прямым углом, приняв BA равным BI и опустив из точек A и I два перпендикуляра AL и IG на прямую LG, то

два последних отрезка *AL* и *IG* будут находиться в том же соотношении, в каком состоят отрезки *DK* и *HI*. Далее, коль скоро стеклянному телу — куску стекла, в котором преломление определяется соотношением между линиями *DK* и *HI*, придают форму гиперболы, обнаруживается, что все лучи, параллельные оси в стекле, собираются снаружи в точке *I*, по крайней мере, если оно выпуклое; в том случае, когда оно вогнутое, лучи рассеиваются, словно они исходят из точки *I*.

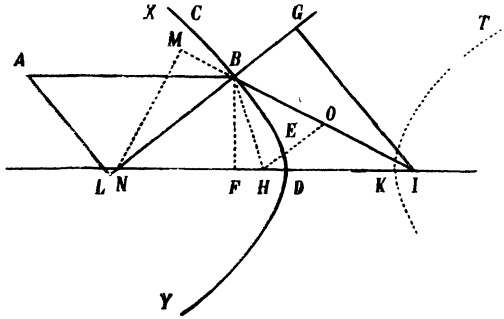


Рис. 48.

Это можно доказать следующим образом: если через точку *B* (рис. 48) провести прямую *BF*, перпендикулярную к продолжению *KD*, и через точку *N*, в которой *LG* и *KD* пересекаются, прямую линию *NM*, перпендикулярную к продолжению *IB*, то выяснится, что отрезок *AL* относится к *IG*, как *BF* к *NM*; действительно, с одной стороны, треугольники *BFN* и *BLA* подобны, так как они оба прямоугольны, поскольку *NF* и *BA* параллельны, и углы *FNB* и *LBA* равны; с другой стороны, треугольники *IGB* и *NMB* также подобны, так как они прямоугольны и углы *IBG* и *NBM* равны. Помимо того, поскольку тот же отрезок *BN* служит основанием двум треугольникам *BFN* и *NMB*, постольку *BA* — основание треугольника *ALB*, — равно *BI* — основанию треугольника *IGB*; отсюда следует, что стороны треуголь-

ника *BFN* относятся к сторонам треугольника *NMB*, как стороны треугольника *ALB* к сторонам треугольника *IGB*. Далее, *BF* относится к *NM*, как *BI* к *NI*, потому что оба треугольника *BIF* и *NIM*, будучи прямоугольными и имея общий угол *I*, подобны. Кроме того, если *HO* провести параллельно *LG*, то окажется, что *BI* относится к *NI*, как *OI* к *HI*, ибо треугольники *BNI* и *OHI* подобны. Наконец,

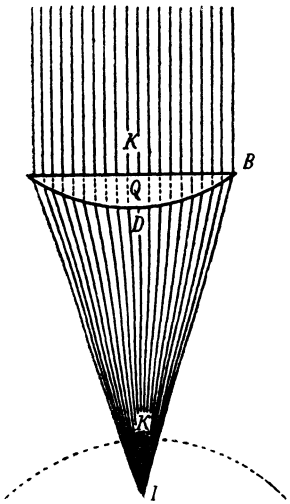


Рис. 49.

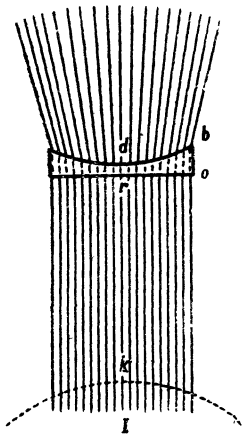


Рис. 50.

так как оба угла *EBH* и *EBI* одинаковы по построению и линия *HO*, которая параллельна *LG*, аналогично последней пересекает *CE* под прямым углом, оба треугольника *BEH* и *BEO* совершенно сходны. Таким образом, поскольку *BH*, основание одного, равно *BO*, основанию другого, постольку разность между *BH* и *BI*, полностью соответствующая по величине *DK*, равна *IO*, так что *AL* относится к *IG*, как *DK* к *HI*. Отсюда следует, что между отрезками *DK* и *HI* надо постоянно соблюдать соотношение, служащее для определения преломления, совершающегося в стекле или другой материи, которую намерены применять, подобно тому как

мы поступали, когда чертили эллипсы, за исключением того, что здесь из двух отрезков возможен лишь наиболее короткий, а именно отрезок *DK*, в то время как при вычерчивании эллипса он мог быть наиболее длинным; если такую часть гиперболы, как *DB*, провести произвольной длины и из *B* перпендикулярно *KD* опустить прямую линию *BQ*, то линии *DB* и *QB*, вращаясь вокруг оси *DQ*, создадут фигуру линзы (рис. 49), обладающей тем свойством, что все лучи, проходящие через нее и находящиеся в воздухе параллельно оси со стороны плоской поверхности *BQ*, где, как вы знаете, они не претерпят никакого преломления, соберутся с другой стороны в точке *I*.

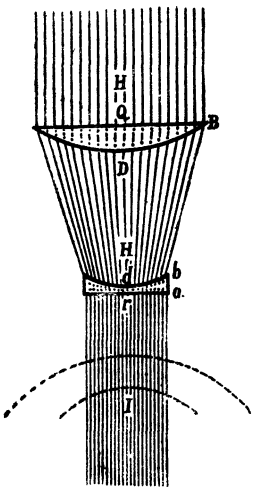


Рис. 51.

Начертив гиперболу *db* (рис. 50), подобную предыдущей, проводим прямую линию *ro* в любом месте при условии, что она, не пересекая этой гиперболы, пойдет перпендикулярно оси *dk*; коль скоро обе точки *b* и *o* соединить другой прямой, параллельной *dk*, то три линии *ro*, *ob* и *bd* при вращении около оси *dk* опишут фигуру линзы, которая обладает свойством рассеивать все лучи, параллельные оси со стороны ее плоской поверхности, словно они исходят из точки *I*.

Если для проведения гиперболы, относящейся к линзе *robd* (рис. 51), линию *HI* взять короче, чем для линзы *DBQ*, и данные линзы расположить так, чтобы их оси *DQ*, *rd* лежали на одной прямой, фокусы *I* совпадали, а обе гиперболические поверхности были бы обращены друг к другу, то эти две линзы превратят пучки лучей, падающие на них параллельно оси, опять в параллельные, но так, что после прохождения пучки сделаются более узкими со стороны линзы *robd*.

Если две подобные линзы *DBQ* (рис. 52) и *dbq*, не равные по величине, разместить таким образом, чтобы их оси *DQ*, *dq* находились на одной прямой, фокусы, обозначенные *I*, совпадали, а обе гиперболические поверхности были повернуты друг к другу, то они, как и предыдущие, превратят падающие параллельно оси пучки лучей после их преломления снова в параллельные, но более узкие со стороны меньшей линзы[42].

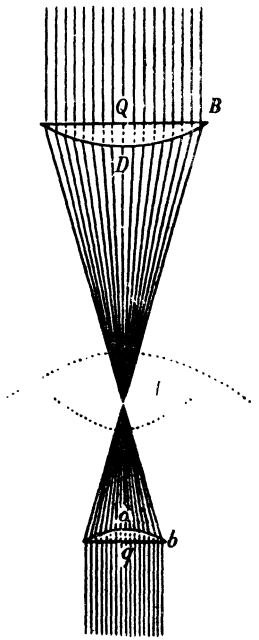


Рис. 52.

Коль скоро плоские поверхности двух линз *DBQ* и *dbq* соединить или поместить на любом расстоянии друг от друга, лишь бы только указанные поверхности были обращены друг к другу без обязательного соблюдения условия, чтобы оси располагались на одной прямой, точнее, если составить линзу, которая имела бы фигуру этих двух присоединенных линз, то она все лучи, распространяющиеся из точки *I* (рис. 53), соберет в точку *i*, находящуюся на другой стороне.

Если линзу образовать из сочетания двух линз *DBQ* и *robd* (рис. 53) так, чтобы обе плоские поверхности соприкасались, она соберет в одну точку *I* лучи, идущие из точки *i*.

Наконец, коль скоро линзу составить из двух линз, подобных *robd*, таким образом, чтобы их плоские поверхности соприкасались, она рассеет лучи, падающие на эту линзу и пересекающиеся в точке *I* на другой стороне так, словно они исходят из точки *i*.

Сказанное выше, как мне кажется, настолько ясно, что достаточно посмотреть на рисунки, чтобы все понять.

Впрочем, такие же преобразования пучков, какие я только что описал сначала для двух эллиптических линз, а затем

для двух гиперболических, могут быть вызваны двумя линзами, из которых одна эллиптическая, а другая гиперболическая. Кроме того, можно создать бесконечное число

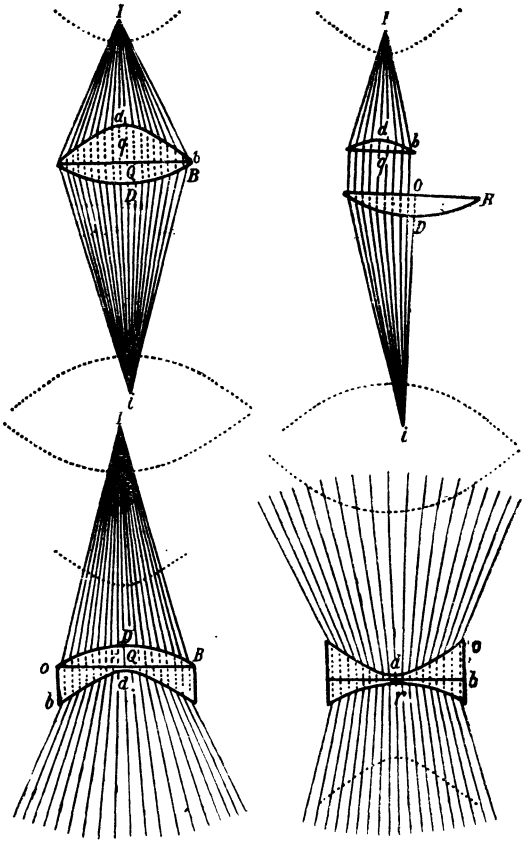


Рис. 53.

линз, которые действовали бы подобно указанным линзам, а именно так, чтобы все лучи, распространяющиеся из точки *I*, или концентрирующиеся в точке *I*, или параллельные друг другу, переходили из одной конфигурации в любую другую. Полагаю, однако, что здесь об этом говорить не следует,

значительно удобнее дать объяснение несколько позже с помощью геометрии; к тому же описанные линзы особенно пригодны для моих целей, что я постараюсь теперь подтвердить и тем самым показать вам, какие из них являются наиболее подходящими, подчеркивая основные отличия, существующие между ними.

Первое отличие заключается в том, что фигуры одних линз чертить легче, фигуры других — труднее. Несомненно, что за исключением прямой линии, окружности и параболы, которые не могут служить для определения хотя бы одной из перечисленных линз, как всякий легко убедится, не существует более простых кривых, чем эллипс и гипербола; таким образом, поскольку прямая линия проще окружности, а гипербола не сложнее эллипса, линзы, фигуры которых состоят из гипербол и прямых, оказываются наиболее простыми из всех возможных для изготовления. Далее, считая в порядке сложности, следуют фигуры, состоящие из эллипсов и окружностей, а все остальные, не перечисленные здесь, еще сложнее для изготовления.

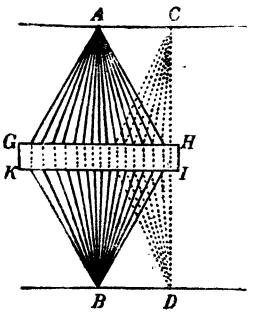


Рис. 54.

Второе отличие заключается в следующем. Среди всех поверхностей, одинаковым образом преобразующих пучки, распространяющиеся из одной определенной точки или идущие параллельно с одной стороны, те из них, которые обладают наименьшей кривизной или у которых она изменяется более плавно, т. е. поверхности, создающие более ровное (равномерное) преломление, создают более точное схождение пучков, направляющихся из соседних точек.

Чтобы возможно лучше понять сказанное, следует обратить внимание на то, что лишь неравномерность кривизны линий, из которых составлены фигуры линз, является пре-

пятствием к такому же хорошему схождению лучей, соответствующих другим точкам, какое имеет место для одной основной точки; это относится также к параллельным пучкам. Для преобразования пучка, исходящего из точки A (рис. 54), в пучок, сходящийся в точке B, необходимо, чтобы у линзы $GHIK$, расположенной между ними, поверхности были совершенно плоскими. Тогда прямая линия GH, являющаяся одной из них, приобретет свойство обращать все лучи, исходящие из точки A и попадающие в стекло, в параллельные; аналогично другая прямая линия KI превращает пучок, концентрирующийся в точке B, в параллельный; прямые линии GH и KI заставили бы лучи, идущие из точки C, собраться в точке D; и вообще все лучи, направляющиеся из произвольной точки на прямой линии AC, которую я полагаю параллельной GH, сходились бы в одну из точек на линии BD, которую я считаю также параллельной KI и настолько же удаленной от нее, насколько AC удалена от GH. Так как линии GH и KI совсем не искривлены, все точки линий AC и BD относятся к ним одинаковым образом. Если бы линза $LMNO$ (рис. 55), относительно которой я полагаю, что ее поверхности LMN и LON являются двумя равными частями сферы, имела свойство превращать пучок лучей, устремляющийся из точки A, в пучок лучей, собирающийся в точке B, она обладала бы, помимо того, способностью превращать пучок, распространяющийся из точки C, в пучок лучей, концентрирующийся в точке D; и вообще все лучи, исходящие из точек на поверхности CA, которую я предполагаю сферической, имеющей тот же центр, что и поверхность LMN, собирались бы в ка-

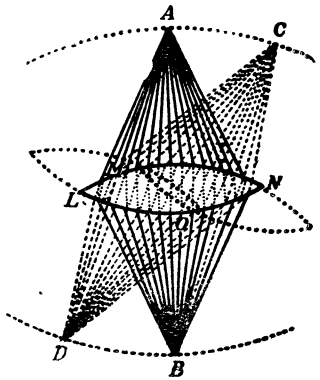


Рис. 55.

кую нибудь точку на поверхности *BD*, также являющейся сферической, с тем же центром, что *LON*, и настолько же удаленной от нее, насколько *AC* удалена от *LMN*, ибо все части поверхностей *LMN* и *LON* одинаково искривлены по отношению ко всем точкам, принадлежащим поверхностям *CA* и *BD*. Но ввиду того, что в природе не существует кривых, за исключением прямой и окружности, все части которых одинаково располагаются по отношению к нескольким точкам, и поскольку ни той ни другой не хватает для того, чтобы составить фигуру линзы, точно собирающей лучи, направляющиеся из одной точки в другую, постольку очевидно, что ни одна из необходимых для этой цели кривых не сможет обладать свойством собирать лучи, идущие из нескольких точек в другие точки.

Для выделения линз, обладающих свойством наименьшим образом отклонять лучи от тех точек, где их желательно концентрировать, нужно выбирать поверхности наименее кривые или поверхности, кривизна которых меняется наиболее равномерно, чтобы они в возможно большей степени приближались бы к прямой или к окружности; при этом следует отдавать предпочтение прямой по сравнению с окружностью, потому что части последней одинаково относятся только к точкам, равно удаленным от ее центра, а что касается других точек, то они находятся по отношению к частям окружности в ином положении, чем ее центр. Отсюда легко заключить, что в указанном смысле гипербола лучше эллипса и что невозможно создать линзы другой конфигурации, которые собирали бы лучи, исходящие из различных точек в другие точки так же хорошо, как те линзы, фигура которых состоит из гипербол. Я не буду задерживаться и приводить подробное доказательство; вы можете легко применить сказанное к различным приемам изменения в расположении лучей, относящихся к другим точкам либо собирающихся в параллельные пучки, идущие с разных сторон, и выяснить, что для всех случаев более других подходят гиперболические

линзы, или, во всяком случае, они не намного хуже других, так что последние соображения не могут быть противопоставлены преимуществам, свойственным гиперболическим поверхностям, — в частности легкости, с которой они могут быть изготовлены; в этом отношении они превосходят остальные поверхности [43].

Третье отличие между перечисленными линзами заключается в следующем: лучи, пересекающиеся при прохождении,

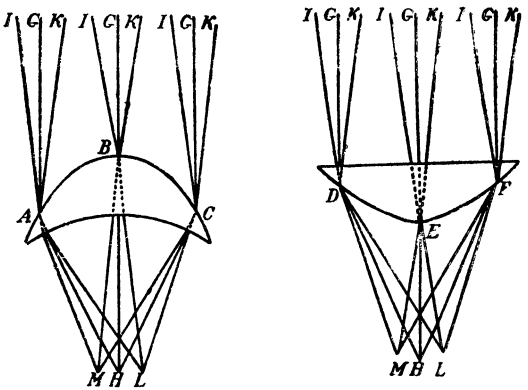


Рис. 56.

оказываются несколько более удаленными с одной стороны по сравнению с другой, в то время как в других линзах совершается как раз обратное явление. Если лучи G, G (рис. 56) распространяются из центра солнца, лучи I, I — с левой стороны его окружности, а K, K — с правой, то они немного больше отклоняются друг от друга после преломления в гиперболической линзе DEF, чем до прохождения через нее; наоборот, они отклоняются меньше после преломления в эллиптической линзе ABC; следовательно, эллиптическая линза сближает точки LHM значительно сильнее, нежели гиперболическая, причем тем больше, чем линза толще; вместе с тем надо иметь в виду, что какую бы толщину

ей ни придавали, она может их приблизить только на одну четверть или на одну треть больше, чем гиперболическая: это

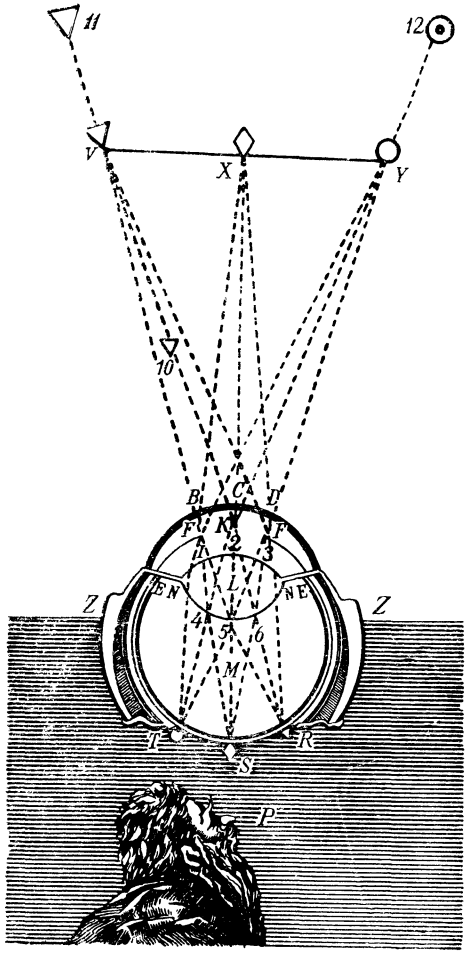


Рис. 57.

измеряется величиной преломления, создаваемого стеклом; например горный хрусталь, где преломление немного сильнее, должен несколько увеличить указанную разницу. Но не суще-

ствует никакой другой конфигурации линзы, которая могла бы точки *LHM* удалить значительно сильнее, нежели гиперболическая, или сблизить больше, чем эллиптическая[44].

Здесь вы можете, между прочим, отметить, в каком смысле надо понимать сказанное мною выше, а именно, что лучи, направляющиеся из различных точек или идущие параллельными пучками со всех сторон, пересекаются после проникновения через первую поверхность, которая собирает их приблизительно в таком же количестве других точек; точно так же точки предмета *VXY* (рис. 57), как было отмечено раньше, создающие изображение *RST* на дне глаза, пересекаются после преломления на первой же поверхности *BCD*. Указанное обстоятельство зависит от того, например, что три луча *VCR*, *XCS* и *YCT* действительно пересекаются на поверхности *BCD* в точке *C*; следовательно, *VDR* пересекается с *YBT* гораздо выше, а *VBR* с *YDT* гораздо ниже; однако, поскольку лучи следуют к тем же точкам, к которым стремятся *VCR* и *YCT*, постольку можно считать, что они неизбежно пересекутся в этом же месте. Так как именно поверхность *BCD* направляет их в те же точки, то нужно думать, что все лучи должны скреститься как раз в том месте, где она находится, а не выше или ниже; другие поверхности, такие, как *1 2 3* и *4 5 6*, здесь ничего изменить не могут. Равным образом, хотя две кривые палки *ACD* и *BCE* (рис. 58) сильно отклоняются от точек *F* и *G*, через которые они прошли бы, если бы были прямыми и продолжали пересекаться в точке *C*, тем не менее надо полагать, что они непременно скрестятся в точке *C*. Но они могли бы оказаться слишком искривленными, для того чтобы снова пересечься в другой точке. Именно это и совершается с лучами, проходящими через два выпуклых стекла — *DBQ* и *dbq* (рис. 53), вначале пересекающимися на поверхности первого, а затем на поверхности

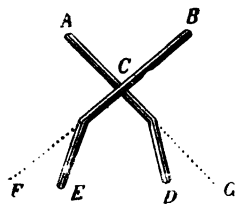


Рис. 58.

второго, во всяком случае с теми, которые направляются с разных сторон [45], ибо в отношении лучей, распространяющихся с одной стороны, можно с уверенностью сказать, что они должны скреститься лишь в фокусе, помеченном точкой *I*.

Заметьте, что лучи солнца, собранные эллиптической линзой *ABC* (рис. 56), должны гореть с бóльшей силой, чем лучи, собранные гиперболической линзой *DEF*. Это происходит потому, что нужно принимать во внимание не только лучи, идущие из центра солнца, такие, как *G*, *G*, но и все другие, которые, направляясь из других точек его поверхности, имеют не намного больше силы, чем центральные; таким образом, количество теплоты, которое они могут передать, должно измеряться площадью тел, собирающих лучи, и сравнением ее с площадью пространства, где они сосредоточены; например, в том случае, когда диаметр линзы *ABC* в четыре раза больше, чем расстояние между точками *M* и *L*, лучи, сконцентрированные линзой *ABC*, должны иметь в шестнадцать раз больше силы, чем если бы они проходили через плоское стекло, которое бы их не отклоняло. Расстояние между точками *M* и *L* может быть больше или меньше в зависимости от расстояния, отделяющего их от линзы *ABC* или любого другого тела, собирающего лучи, причем ни величина диаметра этого тела, ни любая особенность его конфигурации не могут добавить больше, чем приблизительно одну четверть или одну треть; несомненно, что придуманный отдельными лицами луч, сжигающий на бесконечно большом расстоянии, представляет собой только мечту [46]. Если иметь два стекла (две линзы или два зеркала любого рода, лишь бы только их фигуры были совершенно подобны и одно из них было гораздо больше другого), то наибольшее из них соберет солнечные лучи дальше от себя и на большей площади, нежели наименьшее; однако солнечные лучи не будут обладать большей силой в каждой части этой площади, чем на той, куда их собирает наименьшее зеркало; следовательно, можно

изготовить стекла или зеркала чрезвычайно маленькие, располагающие, однако, такой же зажигательной силой, какой обладают самые большие. Зажигательное зеркало, диаметр которого не больше, чем сотая часть расстояния между ним и местом, где сосредоточиваются солнечные лучи, т. е. зеркало, имеющее такое же отношение к этому расстоянию, какое имеет диаметр солнца к расстоянию от него до нас, даже если бы оно было отшлифовано ангелом, не может посредством концентрируемых им лучей нагреть то место, куда оно их собирает, больше, чем лучи, излучаемые непосредственно солнцем; то же справедливо для зажигательных стекол.

Отсюда вы можете сделать вывод о том, что только люди, не слишком сведущие в оптике, убеждены в реальности многих небылиц и что эти зеркала, с помощью которых Архимед якобы сжег издали корабли, либо были чрезвычайно велики, либо, что вероятнее, вовсе не существовали.

Четвертое отличие между стеклами, о которых здесь идет речь, касающееся главным образом линз, меняющих направление лучей, идущих из достаточно близкой точки, заключается в том, что линзы, поверхности которых обращены к этой точке, являются наиболее вогнутыми, и если учесть их диаметр, то надо признать, что они могут собрать большее число лучей, чем другие, несмотря на то, что их диаметр не превышает диаметра остальных линз. В указанном смысле эллиптическая линза NOP (рис. 59), края которой N и P совпадают с малым диаметром эллипса, превосходит гиперболическую QRS, хотя последняя может оказаться весьма значительной по размерам, и никакая другая форма линз не в состоянии быть большей величины. Наконец, эти линзы отличаются друг от друга тем, что для получения тождественного действия с помощью лучей, распространяющихся из какой-либо определенной точки или идущих по определенному направлению, число линз должно быть больше в одном случае, чем в других, либо они должны заставить лучи,

исходящие из разных точек или движущиеся по разным направлениям, взаимно пересечься наибольшее число раз; вы уже раньше видели, что если надлежит собрать в точку *1* лучи, устремляющиеся из точки *2*, или рассеять их так, как будто они попадали бы из точки *2*, или принудить лучи, направляющиеся в точку *1*, снова разойтись таким образом, словно они следовали бы из точки *2*, то надо применить две эллиптические линзы, в то время как достаточно упо-

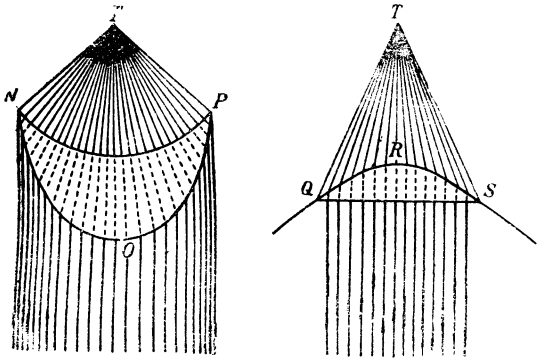


Рис. 59.

требить одну, если линза гиперболическая; вы вместе с тем наблюдали, что пучок параллельных лучей, остающихся параллельными и после преломления, можно поставить в необходимость занимать меньшее место, чем раньше, как с помощью двух гиперболических выпуклых линз, которые заставляют лучи, идущие из разных направлений, пересекаться дважды, так и посредством одной выпуклой и одной вогнутой линз, принуждающих лучи пересекаться один раз. Однако совершенно очевидно, что ни при каких условиях не следует применять некоторого, даже весьма ограниченного количества линз на то, что может быть так же хорошо выполнено при помощи одной, и заставлять лучи пересекаться несколько раз, когда достаточно одного[47].

Из всего сказанного вытекает, что гиперболические и эллиптические линзы следует предпочесть любым другим, какие только могут быть придуманы, и что гиперболические линзы почти во всех отношениях имеют преимущества перед эллиптическими. Теперь я перейду к вопросу о том, каким способом, по моему мнению, надлежит составлять каждый род зрительных труб, чтобы они были наиболее совершенными.

Глава IX

ОПИСАНИЕ ЗРИТЕЛЬНЫХ ТРУБ

Сначала необходимо выбрать прозрачную материю, вполне пригодную для шлифовки, достаточно твердую для того, чтобы сохранить форму, которая ей будет придана, наименее окрашенную и, по возможности, вызывающую минимальное количество отражений [48]. До сих пор не найдено ничего, что могло бы превзойти стекло, которое обладает названными качествами в совершенстве, если оно прозрачно, чисто и выплавлено из чистейшей золы. Хотя горный хрусталь представляется более чистым и прозрачным, однако поскольку его поверхности отражают больше лучей, чем поверхности стекла (чему нас учит опыт), постольку он не так хорошо подходит для наших целей. Чтобы понять, на основании чего совершается отражение, почему оно возникает преимущественно на поверхности стекла и хрусталя, а не внутри, и по какой причине оно больше присуще хрусталю, чем стеклу, вы должны вспомнить все сказанное мною о природе света; я говорил, что свет в прозрачных телах есть не что иное, как действие или стремление к движению какой-то очень разреженной материи, заполняющей их поры; представьте себе, что поры каждого из этих прозрачных тел настолько гладки и прямолинейны, что разреженная материя, которая может войти в них, легко течет вдоль, не встречая никаких препятствий, но что поры двух прозрачных тел

разного рода, например воздуха и стекла или воздуха и хрусталя, никогда не соответствуют настолько точно друг другу, чтобы не было каких-нибудь частей разреженной материи, которые, идя, например, из воздуха в стекло, не отражались бы от твердых частей этой поверхности; таким же образом указанные частицы, идя из стекла в воздух, отражаются и возвращаются внутрь стекла, ибо они встречают твердые части поверхности воздуха (в воздухе имеется много таких частиц, которые могут быть названы твердыми, если сравнить их с разреженной материей). Далее, твердые части хрусталя толще, нежели у стекла, и его поры сжаты сильнее, о чем легко судить, так как он более тверд и тяжел; по этой причине можно полагать, что хрусталь должен вызывать весьма сильные отражения и, следовательно, пропускать меньше лучей, чем воздух и стекло, хотя, согласно сказанному выше, он дает больше простора для прохождения тех лучей, которые пропускает.

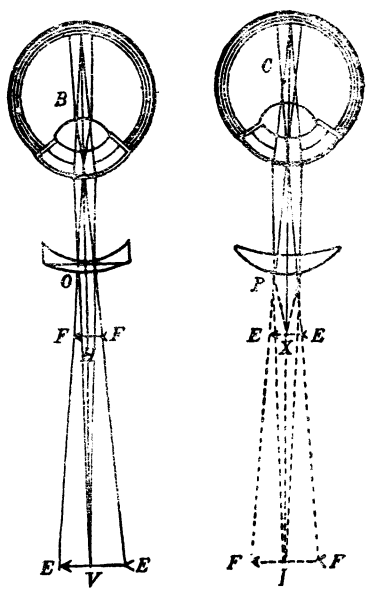


Рис. 60.

Таким образом, если выбрать стекло наиболее чистое, наименее окрашенное, отражающее, по возможности, минимальное количество света, и посредством его постараться исправить дефект тех, кто видит далекие предметы хуже, чем близкие, или наоборот, то наиболее пригодные для этой цели формы линз следует выделить из линз, получающихся с помощью гипербол; например, если глаз B или C (рис. 60) обладает такой фигурой, что лучи, идущие из точек H или I, в противоположность лучам, исходящим из точек

V или X, концентрируются точно в середине сетчатки, то для того, чтобы глаз отчетливо видел точки V и X, между ним и предметом располагают линзы O или P; их поверхности (одна выпуклая, а другая вогнутая) являются гиперболоидальными, причем точки H или I являются фокусом вогнутой поверхности, которая должна быть обращена к глазу, а V или X — фокусом выпуклой.

В том случае, когда точка I или V находится довольно далеко, например на расстоянии, равном пятнадцати или двадцати футам, достаточно воспользоваться плоскостью вместо гиперболоида, фокусом которого должна служить эта точка. Таким образом, одна из поверхностей линзы окажется плоской — или внутренняя, которая повернута к глазу, если точка I удалена достаточно, или внешняя, коль скоро удалена точка V. При этом условии часть предмета, равную по величине глазному зрачку, можно принять за точку, потому что ее изображение на сетчатке займет не больше площади, чем окончание тонкого волокна оптического нерва. Заметьте, что нет никакой необходимости каждый раз, когда стремятся рассмотреть более или менее удаленные предметы, пользоваться различными линзами; практически довольно иметь две линзы, одна из которых должна быть приспособлена к расстоянию, наименьшему до наблюдаемых предметов, а другая — к наибольшему; впрочем, возможно, что достаточно и одной линзы, которая была бы средней между этими двумя; указанное обстоятельство вытекает из того, что глаза, для которых предназначены линзы, могут довольно легко менять свою форму и приспосабливаться к ним[49].

Если с помощью только одной линзы стремятся сильно увеличить и с достаточной отчетливостью рассмотреть доступные предметы, т. е. предметы, которые можно приблизить к глазу на самое незначительное расстояние, то удобнее всего использовать линзу, у которой одна поверхность, обращенная к глазу, плоская, а другая поверхность имеет вид гиперболоида, фокус которого будет в том месте, где

пожелают поставить предмет. Заметьте, я говорю: „удобнее всего", но, признаюсь, коль скоро поверхности этой линзы придать форму эллипса, фокус которого поместится там же, где расположен предмет, а другой поверхности — форму части сферы, центр которой совпадет с предметом, то действие станет еще сильнее; однако такую линзу труднее изготовить. Этот фокус, будь то фокус гиперболы или эллипса, настолько близок, что если расположить в нем предмет, очень небольшой по своей величине, то между ним и линзой останется столько места, сколько необходимо для того, чтобы пройти свету. Далее, стекло следует вставить в оправу так, чтобы открытой осталась лишь середина, причем по величине открытая площадь должна быть такой же, как у глазного зрачка, даже немного меньше; вещество, внутри которого вправлено стекло, надо зачернить со стороны, обращенной к глазу; его края рекомендуется обить черным бархатом, чтобы его удобно было приставлять к глазу и чтобы никакой свет не проникал в глаз помимо отверстия линзы.

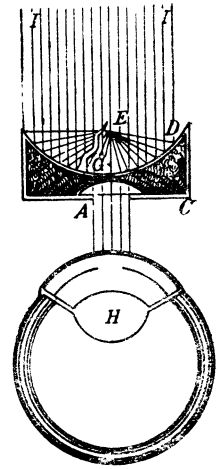


Рис. 61.

Снаружи оправа должна быть окрашена в белый цвет или, что лучше, отполирована; ей следует придать вид вогнутого зеркала, чтобы она отражала на предмет все световые лучи, падающие на нее. Чтобы установить предмет, предназначенный для наблюдения, в определенном месте, можно употреблять маленькие стеклянные или хрустальные склянки, применение которых уже широко распространено во Франции; но для большей точности лучше закрепить его с помощью двух маленьких пружин в виде зажимов, выступающих из оправы трубы. Наконец, чтобы при рассматривании предмета было достаточно света, нужно повернуть его

прямо к солнцу. На рис. 61 A — линза, C — внутренняя часть оправы, в которую она вставлена, D — ее внешняя часть, E — предмет, G — зажим, его закрепляющий, H — глаз и I — солнце, лучи которого не проникают непосредственно в глаз, так как этому мешает труба и предмет, а падают на белую окраску трубы или на зеркало D, откуда отражаются сначала к E, а затем к глазу [50].

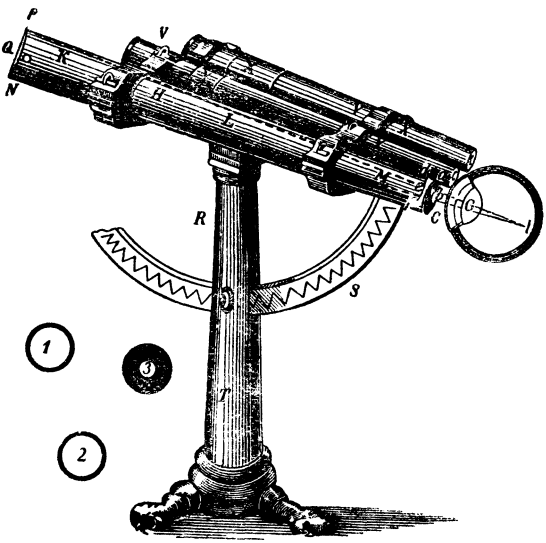


Рис. 62.

Чтобы создать наиболее совершенную трубу для рассматривания небесных светил или других весьма отдаленных и недоступных предметов, ее нужно составить из двух гиперболических линз (одной выпуклой и одной вогнутой), вставленных в оба конца трубы так, как показано на рис. 62. Прежде всего, abc — поверхность вогнутой линзы $abcdef$ — должна иметь форму гиперболы, фокус которой будет находиться на расстоянии, откуда глаз может наиболее отчетливо видеть предметы. Допустим, что глаз G видит предметы,

находящиеся около H, более отчетливо, чем все остальные; тогда точка H должна быть фокусом гиперболы abc; для стариков, видящих отдаленные предметы лучше, чем близлежащие, поверхность abc должна быть совершенно плоской; наоборот, для близоруких — достаточно вогнутой. Далее, вторая поверхность — def — должна иметь форму другой гиперболы, фокус I которой отстоит от нее на расстоянии приблизительно одного дюйма, так что он находится на дне глаза, когда эта линза приставлена вплотную к его поверхности. Заметьте, однако, что все эти соотношения не так обязательны, и они могут быть значительно изменены; поэтому нет необходимости специально шлифовать поверхность abc отдельно для близоруких и дальнозорких; можно с успехом пользоваться одной и той же трубой для всех разновидностей глаз, лишь удлиняя или укорачивая ее [51].

Что касается поверхности def, то ввиду трудности, которая может возникнуть при ее изготовлении вследствие большой кривизны, о чем я говорил выше, может быть легче придать ей форму гиперболы, фокус которой был бы несколько более удален; впрочем, этому опыт научит лучше, чем мои рассуждения. Вообще надо сказать, что (при прочих равных условиях), чем точка I ближе, тем предметы кажутся больше, так как нужно аккомодировать глаз на более короткое расстояние; изображения делаются крупнее и ярче, если другая линза имеет большие размеры, но они не становятся отчетливее, коль скоро линза располагается чрезмерно близко, вследствие того, что часть лучей падает слишком косо по сравнению с другими [52]. Что касается размеров линзы и величины той ее части, которая остается открытой, когда она оправлена и вставлена в трубу KLM, то она должна лишь незначительно превысить самое большое отверстие зрачка. Если говорить о толщине линзы, то следует заметить, что чем она меньше, тем лучше; действительно, увеличивая ее, можно получить более крупное изображение вследствие того, что лучи, идущие из различных точек,

несколько больше отклоняются в сторону глаза; в то же время мы видим, что этих лучей меньше и изображения менее ярки; преимущества, которые дают крупные изображения, могут быть получены иным способом[53]. Что касается выпуклой линзы *NOPQ*, то ее поверхность *NQP*, повернутая к предметам, должна быть плоской; поверхность *NOP* непременно примет форму гиперболы, фокус *I* которой совпадает с фокусом гиперболы *def* и должен быть тем более удален от точки *O*, чем совершеннее труба[54]. Вследствие этого величина диаметра *NP* определяется прямыми линиями *IdN* и *IfP*, проведенными из фокуса *I* через *d* и *f*, окончаниями диаметра гиперболической линзы *def*, который, согласно предположению, равен диаметру глазного зрачка; однако надо заметить, что чем меньше диаметр линзы *NOPQ*, тем отчетливее видны предметы, причем они не покажутся в уменьшенном виде или в меньшем количестве, а только представятся слабее освещенными[55], поэтому когда они слишком ярки, необходимо (при наличии нескольких кругов черного картона или другого материала, например *1, 2, 3*) закрыть края линзы и ослабить силу света, насколько позволяет яркость предметов. Что касается толщины линзы, то она не оказывает никакого воздействия (если только стекло достаточно чисто и прозрачно), так как она мешает прохождению лучей не больше, чем воздух.

Труба *KLM* должна быть изготовлена из вещества достаточно крепкого и твердого, чтобы оба стекла, вставленные в концы трубы, всегда сохраняли одно и то же положение; вещество внутри нее надо полностью зачернить, а края около точки *M* обить черным бархатом, чтобы никакой посторонний свет не мог попасть в глаз помимо линзы *NOPQ*, когда к нему приставлена труба; что касается ее длины и ширины, то они достаточно определены величиной двух линз и их расстоянием. Наконец, необходимо, чтобы труба была прикреплена к какому-нибудь приспособлению, например *RST*, с помощью которого она может быть легко повернута в любую сторону

и закреплена в положении, требуемом для рассматривания предметов[58]. С этой целью на приспособлении нужны одна мушка и два диоптра *VV*. Кроме того, поскольку зрительные трубы увеличивают размеры предметов, постольку они уменьшают общее количество видимых предметов; поэтому к самым совершенным трубам необходимо присоединять несколько других труб меньшей силы, с помощью которых можно постепенными наводками обнаружить место, где находится предмет, который позволяют увидеть эти совершенные трубы. Здесь *XX* и *YY* прикреплены к наиболее совершенной трубе *QLM* так, что если определенным образом повернуть приспособление, то планета Юпитер сможет одновременно рассматриваться через оба диоптра *VV* и через трубу *XX*, в которую, кроме Юпитера, можно увидеть другие, меньшие планеты, сопровождающие ее; если трубу повернуть таким образом, чтобы одна из малых планет оказалась в середине трубы *XX*, то планета будет видна вместе с тем в другую трубу *YY*, но уже одна, в значительно увеличенном виде (по сравнению с размерами очертаний, даваемыми предыдущей трубой); поэтому на ней можно увидеть различные области, причем та из них, которая находится в середине, будет наблюдаться в трубу *KLM*, так что представится возможность различить ее отдельные детали. Однако без помощи указанных двух труб нельзя было бы ни узнать, что эти детали находятся в таком-то месте такой-то планеты, сопровождающей Юпитер, ни найти подлежащее наблюдению место.

Вообще говоря, можно прибавить еще одну или несколько других совершенных труб к данным трем, если только искусство людей в дальнейшем позволит осуществить эту идею. Между самыми совершенными трубами и менее совершенными нет никакой разницы, за исключением того, что у первых их выпуклая линза больше, а фокус дальше; таким образом, если искусство мастеров не обманет наших ожиданий, мы сможем с помощью этого изобретения увидеть такие же

маленькие и обособленные предметы, какие мы обычно наблюдаем на земле[57].

Наконец, чтобы создать микроскоп, который позволял бы видеть близкие и доступные предметы как можно отчетливее и в значительно более крупном плане, чем в описанном мною приборе, служащем для этой же цели, его нужно составить из двух гиперболических линз (одной вогнутой, другой

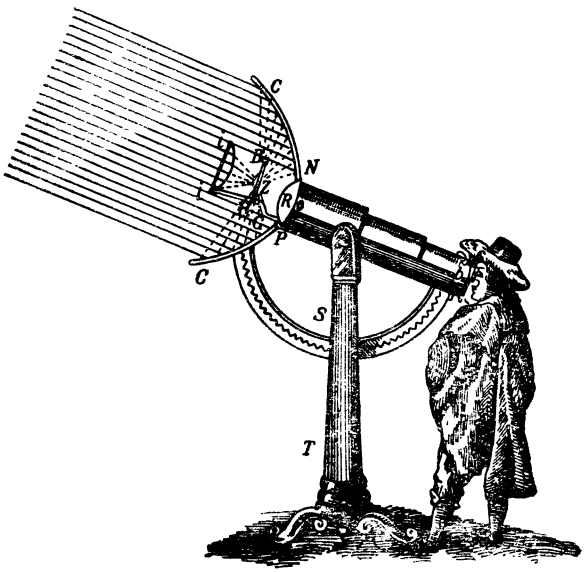


Рис. 63.

выпуклой), вставленных в оба конца трубы, причем вогнутая линза *abcdef* (рис. 63) и внутренняя поверхность *NOP* выпуклой линзы должны быть совершенно такими же, как в предыдущем приборе. Что касается внешней поверхности *NRP*, то она должна быть не плоской, а сильно выпуклой и иметь форму гиперболы, внешний фокус *Z* которой так близок, что если расположить в нем предмет, то между ним и линзой останется столько места, сколько нужно для того, чтобы пройти свету. Диаметр этой линзы может быть не больше, чем в предыдущей

трубе, но и не меньше, чем диаметр линзы A (рис. 61); однако она должна быть приблизительно такой, чтобы прямая линия NP проходила через внутренний фокус гиперболы NRP; если линза окажется меньше, она получит меньше лучей, идущих от предмета Z; впрочем, будучи больше, она соберет не намного больше лучей, потому что ее толщина, которая должна быть значительно увеличена по сравнению с предыдущей, ослабит свет больше, чем усилит его увеличение диаметра линзы; кроме того, предмет не сможет так же хорошо освещаться[58]. Микроскоп полезно прикрепить к приспособлению вроде ST, которое позволяет поворачивать его прямо к солнцу. Линзу $NOPR$ необходимо вставить в середину вогнутого параболического зеркала CC, собирающего все солнечные лучи в точку Z на предмете, который нужно закрепить в этом месте с помощью маленького зажима G, выступающего из какой-либо части зеркала CC; посредством зажима около этого предмета надлежит зафиксировать какое-нибудь темное, черное тело, например BB, имеющее величину линзы $NOPR$, которое должно способствовать тому, чтобы ни один солнечный луч не падал прямо на линзу: часть этих лучей, войдя в трубу, могла бы отразиться в глазу и помешать наблюдению; несмотря на то, что труба зачернена изнутри, все же вследствие недостатков зачернения каждый раз, когда падающий свет по яркости подобен солнечному, происходит некоторое отражение. Кроме того, черное тело BB в середине должно иметь отверстие, помеченное Z, величиною с предмет, для того чтобы последний, если он сколько-нибудь прозрачен, мог освещаться лучами, идущими непосредственно от солнца, или (в случае надобности) лучами, собираемыми в точке Z зажигательным стеклом ii такой же величины, как линза $NOPR$, с целью направить со всех сторон на предмет столько света, сколько он может выдержать, не загораясь; при этом часть зеркала CC или линзы ii, чтобы избежать излишне сильного освещения, следует закрыть. Вам должно быть ясно, почему

я много забочусь о том, чтобы предмет был достаточно освещен и чтобы в глаз попало возможно больше лучей: стекло *NOPR*, играющее в трубе роль глазного зрачка, где пересекаются лучи, идущие из разных точек, будучи значительно ближе к предмету, чем к глазу, заставляет их распространяться по направлению к окончаниям оптического нерва на площади, значительно большей, чем та, которую занимает изображение предмета, откуда они непосредственно исходят; вы знаете, что чем больше площадь, освещаемая ими, тем слабее лучи, и, наоборот, чем меньше площадь, освещенная лучами, тем они сильнее; от этого зависит длина микроскопа, т. е. расстояние, которое отделяет гиперболу *NOP* от ее фокуса; чем больше расстояние, тем больше места на дне глаза занимает изображение предмета, что делает воспроизведение его деталей более отчетливым; однако это же обстоятельство так сильно ослабляет действие лучей, что изображение перестало бы восприниматься, если бы труба оказалась слишком длинной; ее наибольшая длина может быть определена только посредством опыта, причем она меняется в зависимости от того, какое количество света может упасть на предмет, не сжигая его [59]. Мне известны и иные способы усилить свет, но помимо того, что они трудны для применения, едва ли удастся обнаружить предметы, которые подверглись бы такому освещению. Правда, есть возможность вместо гиперболической линзы *NOPR* найти другие, которые могли бы собрать несколько большее число лучей, но они не в состоянии вызывать столь хорошего схождения лучей, направляющихся из разных точек предмета, на сетчатке глаза или для этого потребовалось бы применить две линзы вместо одной, так что сила лучей скорее была бы больше ослаблена возросшим числом поверхностей линз, чем увеличена их формой, и, наконец изготовление их представило бы значительные трудности [60]. Однако я должен вас предупредить, что поскольку микроскопы могут быть приставлены только к одному глазу, постольку другой глаз полезнее завязать или закрыть какой-нибудь очень

темной материей, чтобы зрачок оставался по возможности более расширенным, чем оставить его открытым на свету или закрыть с помощью мускулов, двигающих веко; это абсолютно необходимо, ибо между глазами существует такая взаимосвязь, что в одном глазу не может произойти никакого движения без того, чтобы в другом не совершилось точно такого же. Кроме того, полезно не только приставить микроскоп вплотную к глазу, так, чтобы в него не мог попасть посторонний свет, но и предварительно побыть в темноте с целью сделать зрение более восприимчивым и предрасположить свое воображение к рассматриванию очень далеких и темных предметов, дабы зрачок открылся возможно шире, и таким образом можно было бы видеть предмет при большем увеличении. Ибо вы знаете, что подобное действие зрачка вытекает не из непосредственного желания его открыть, а, что вероятнее, из представления или ощущения, вызываемого темнотой и расстоянием до вещей, рассматриваемых нами [61].

Наконец, если вы немного подумаете о вышесказанном и, в частности, о той помощи, которую должны оказать нам внешние органы, чтобы сделать зрение наиболее совершенным, то легко поймете, что посредством различных видов зрительных труб добавляется все то, что могут дать искусство и техника. Вы также без труда уясните, что зрительные трубы, которыми мы до сих пор располагали, никоим образом не могли быть совершенными, так как между окружностью и гиперболой существует большая разница, и что при изготовлении их пользовались окружностью, добиваясь результатов, которые можно получить только с помощью гипербол; следовательно, успех достигался лишь тогда, когда совершенно случайно вместо сферических поверхностей применяли гиперболические или поверхности другой эквивалентной формы [62]. Именно это обстоятельство служило препятствием при изготовлении зрительных труб, предназначенных для рассматривания недоступных предметов, потому что их

выпуклая линза больше, чем линзы других приборов[63]; помимо того, несравненно труднее добиться удачи при выработке крупных изделий, чем мелких, ибо разность между гиперболой и окружностью гораздо значительнее на концах линзы, чем в ее центре. Так как мастерам-оптикам может показаться, что придание линзам гиперболической формы потребует больших усилий, я попытаюсь здесь изложить метод, с помощью которого, по моему мнению, они смогут достичь успеха без затруднений[64].

Глава X

О МЕТОДИКЕ ШЛИФОВКИ СТЕКОЛ

Выбрав стекло или хрусталь, коими намерены пользоваться, надо прежде всего найти отношение, которое, как сказано выше, позволяет определить их преломление; указан-

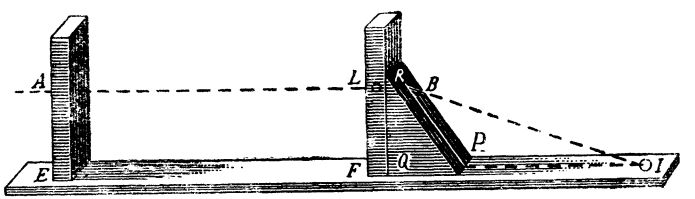


Рис. 64.

ное отношение легко отыскать с помощью такого инструмента: пусть *EFI* (рис. 64) изображает доску или линейку, плоскую и совершенно прямую, изготовленную из любого вещества, не слишком блестящего и непрозрачного, чтобы свет, падающий на нее, можно было легко отличить от темноты. Предположим, что *EA* и *FL* изображают два диоптра, т. е. две маленькие пластинки из какого-нибудь непрозрачного вещества, стоящие перпендикулярно к линейке *EFI*, в которых имеются два небольших круглых отверстия *A* и *L*, лежащих

друг против друга таким образом, что луч AL, проходя через них, становится параллельным линии EF; допустим, что RPQ изображает кусок стекла, намеченный вами к измерению, вырезанный в виде треугольника, угол RQP которого прямой, а угол PRQ — более острый, чем RPQ. Три стороны — RQ, QP и RP представляют собой три грани, плоские и отполированные, причем грань QP приставлена к линейке EFI, а другая грань QR — к диоптру FL; луч солнца, проходящий через два отверстия A и L, проникает до точки B через PQR, не преломляясь, так как он встречает перпендикулярно поверхность призмы RQ; но подойдя к точке B, где луч встречает наклонно ее вторую поверхность RP, он не может оттуда выйти, не преломившись по направлению к какой-нибудь точке линейки EF, например к точке I. Цель применения указанного инструмента заключается только в том, чтобы заставить луч солнца пройти через отверстия A и L, дабы узнать этим способом соотношение, связывающее точку I, т. е. центр маленького светового пятна, которое луч образует на линейке EFI, с двумя точками B и P, причем B является точкой, где прямая линия, проходящая через центры двух отверстий A и L, пересекает поверхность RP, а P представляет собой точку, где поверхность RP и поверхность доски EFI пересекаются плоскостью, проходящей через точки B и I и центры двух отверстий A и L.

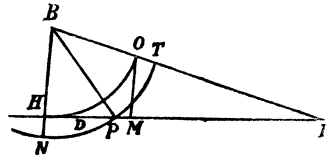


Рис. 65.

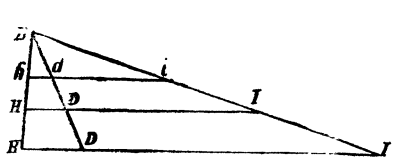


Рис. 66.

Зная расположение трех точек B, P, I, а следовательно, и треугольник, определяемый ими, нужно перенести его с помощью циркуля на бумагу или на другую совершенно глад-

кую плоскость; затем из центра B (рис. 65) через точку P следует описать окружность NPT и, приняв дугу NP равной PT, провести прямую линию BN, пересекающую продолжение IP в точке H; после этого снова из центра B через точку H необходимо описать окружность HO, пересекающую BI в точке O; отношение отрезков HI и OI представит собой общую меру всех преломлений, которые могут вызываться переходом лучей из воздуха в рассматриваемое стекло; в том случае, когда нет уверенности в правильности результатов, следует вырезать из того же куска стекла другие небольшие прямоугольные треугольники, отличные от первого, и пользоваться ими таким же образом, чтобы найти искомое соотношение; оно окажется всегда одинаковым и, следовательно, можно не сомневаться, что это действительно соотношение,

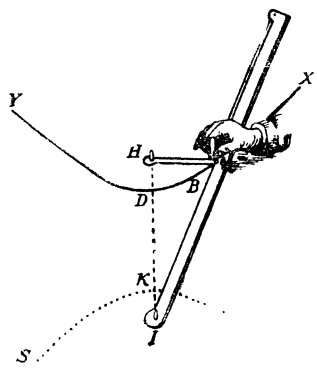


Рис. 67.

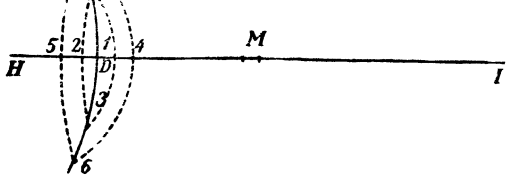


Рис. 68.

подлежащее измерению; коль скоро на прямой линии HI отрезок MI берут равным OI (рис. 65) и HD — равным DM, то D явится вершиной, а H и I будут фокусами гиперболы, форму которой должна иметь линза, чтобы найти применение в трубах, описанных мною [65].

Точки *H*, *D* и *I* можно отдалить друг от друга на любое расстояние, если только провести другую прямую линию, параллельную *HI* (рис. 66), дальше или ближе, чем она находится от точки *B*, и прочертить через точку *B* три прямых линии *BH*, *BD* и *BI*, которые ее пересекут; вы видите, что между точками *H*, *D*, *I* и *h*, *d*, *i* наблюдается то же соотношение, что и между тремя точками *H*, *D*, *I*.

Пользуясь точками *H*, *D* и *I*, легко построить гиперболу (рис. 67), применяя указанный выше способ, т. е. вбить два кола в точках *H* и *I* и заставить веревку, привязанную к колу *H*, так плотно прилегать к линейке, чтобы она не могла, согнувшись в точке *I*, перейти через точку *D*. Однако если вы предпочтете чертить гиперболу с помощью обычного циркуля, подыскав несколько точек, через которые она должна пройти, то поставьте острие циркуля в точку *H* (рис. 68) и, раздвинув его так, чтобы другое острие поместилось немного далее точки *D*, например в *1*, опишите из центра *H* окружность *1 3 3*; далее, сделав отрезок *M2* равным *H1*, проведите из центра *I* через точку *2* окружность *2 3 3*, пересекающую предыдущую в точках *3*, *3*, через которые эта гипербола должна пройти так же, как через точку *D*, являющуюся ее вершиной. Можно повторить указанное построение несколько раз, заменяя, например, точку *1* точкой *4*, а точки *3*, *3* точками *6*, *6*, и получить любое количество точек гиперболы [66].

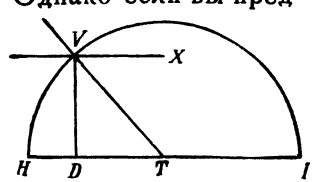


Рис. 69.

Все изложенное выше пригодно только для изготовления грубой модели, приблизительно изображающей форму стекол, подлежащих обработке. Чтобы придать им точную форму, следует воспользоваться другим приемом, с помощью которого можно чертить гиперболы непрерывной линией, подобно тому как описывается окружность посредством циркуля. Я не знаю лучшего способа, чем следующий: сначала необходимо провести окружность *HVI* (рис. 69) из

центра T — середины отрезка HI; затем из точки D нужно восстановить перпендикуляр к HI, пересекающий окружность HVI в точке V; проводя из T прямую линию через точку V, получим угол HTV. Если вращать этот угол вокруг оси HT, то прямая TV опишет поверхность конуса, где сечение, сделанное плоскостью VX, параллельной оси HT, на которую DV падает под прямым углом, окажется гиперболой, равной предыдущей. Все другие плоскости, параллельные этой, также отсекут на конусе подобные, но неравные гиперболы, у которых фокусы будут более или менее удалены в зависимости от расстояния от оси до плоскостей.

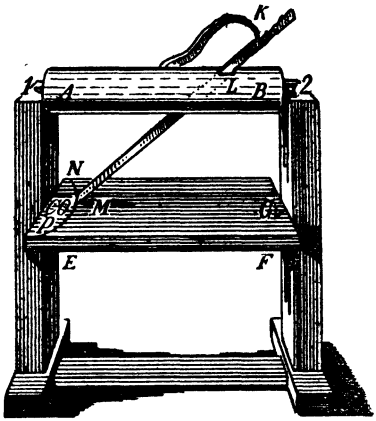


Рис. 70.

На основании сказанного можно изготовить такой станок. Пусть AB — деревянный или металлический цилиндр, который, вращаясь в гнездах *1*, *2* (рис. 70), представляет собой ось HI, изображаемую на рис. 69. Предположим, что CG и EF — две пластинки или две доски, плоские и отполированные (главным образом на соприкасающихся сторонах) — расположены так, что мысленно воспроизводимая плоская поверхность, лежащая между ними, параллельная цилиндру AB и пересекающаяся под прямыми углами с воображаемой плоскостью, проходящей через точки *1*, *2* и C, O, G, представляет собой плоскость VX (рис. 69), пересекающую конус. Ширина NP верхней пластинки CG равна диаметру подлежащего обработке стекла или несколько превышает его. Наконец, KLM является линейкой, которая, вращаясь вместе с цилиндром AB в гнездах *1*, *2* так, что угол ALM остается всегда равным HTV, изображает прямую TV (рис. 69), описывающую конус. Эта линейка проходит через цилиндр таким

образом, что она может подниматься и опускаться, скользя по поверхности отверстия L одинакового с ним диаметра; в каком-то месте, например около точки K, располагаются груз или пружина, непрестанно прижимающие ее к пластинке CG, которая ее поддерживает и не дает пройти дальше. Кроме того, конец линейки M представляет собой острие из закаленной стали, обладающей достаточной силой, чтобы отрезать лишь пластинку CG, но не пластинку EF, поме-

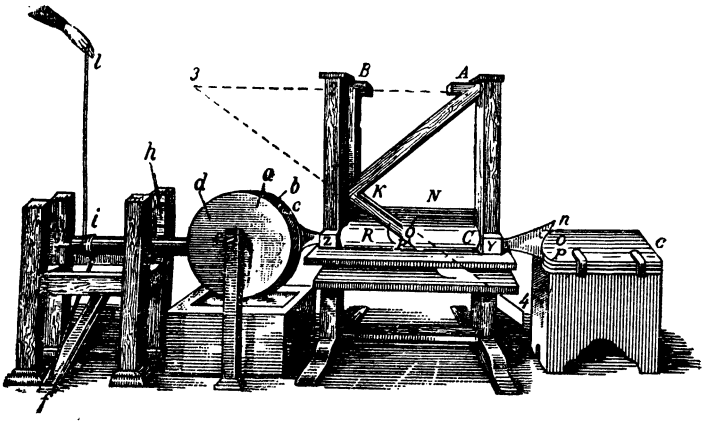


Рис. 71.

щающуюся ниже; отсюда очевидно, что если линейка KLM движется в гнездах *1, 2* таким образом, что стальное острие M идет из N по направлению к P через O и обратно из P через O по пути к N, то она разделит пластинку CG на две другие — $CNOP$ и $GNOP$, причем их сторона NOP ограничится линией пересечения, выпуклой в $CNOP$ и вогнутой в $GNOP$, которая приобретет форму гиперболы; пластинки $CNOP$ и $GNOP$, изготовленные из стали или другого очень твердого вещества, могут служить не только образцами, но и инструментами для вырезывания колес, которые, как я покажу дальше, придадут стеклам необходимую форму.

Однако описанное приспособление отличается следующим недостатком: стальное острие M повернуто несколько иначе, если оно находится около точек N или P, чем в том случае, когда оно располагается около точки O; вследствие указанной причины режущие кромки, которые оно образует на этих инструментах, не могут быть везде одинаковыми. Я полагаю, что лучше пользоваться другим приспособлением, хотя оно несколько сложнее.

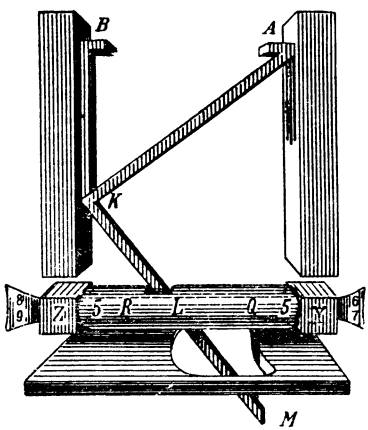


Рис. 72.

Фигура $ABKLM$ (рис. 71 и 72) изображает одну сплошную деталь, целиком передвигающуюся в гнездах $1, 2$, часть которой ABK может быть произвольной формы; однако KLM должна иметь вид линейки или другого тела, обладающего таким свойством, что линии, ограничивающие его поверхности, окажутся параллельными друг другу; она должна быть наклонена так, чтобы прямая 43, проходящая через ее центр, будучи продолженной до пересечения с прямой, проходящей через гнезда 1 и 2, составила с ней угол 234, равный углу, помеченному буквами HTV (рис. 69). Пусть CG и EF (рис. 70) изображают две доски, параллельные оси 12, обращенные друг к другу, поверхности которых, плоские и гладкие, пересекают под прямым углом плоскость $12\,GOC$; однако вместо того чтобы соприкасаться, как ранее, они теперь отдаляются настолько, что могут пропустить цилиндр QR, совершенно круглый, имеющий равномерную толщину; кроме того, каждая доска имеет щель NOP такой длины и ширины, что линейка KLM, проходя через нее, может вращаться вокруг гнезд 1 и 2 столько, сколько необходимо для того,

чтобы провести между двумя досками часть гиперболы такой же величины, какую имеет диаметр стекол, подлежащих обработке. Эта линейка проходит вместе с тем через цилиндр *QR* (рис. 72) так, что передвигает его вместе с собой в гнездах *1* и *2*, причем он всегда остается заключенным между двумя досками *CG* и *EF* и параллельным оси *12*. Наконец, *Y67* и *Z89* изображают инструменты, с помощью которых мы всегда сможем придать любому телу форму гиперболы; руко-

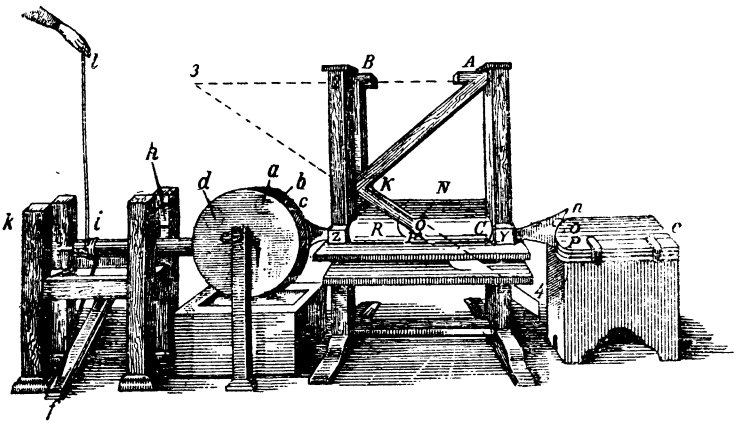


Рис. 73.

ятки *YZ* имеют такую толщину, что их поверхности, совершенно плоские, касаются с той и другой стороны двух досок *CG* и *EF*, не переставая при этом скользить между ними, так как они хорошо отполированы; в каждой из них сделано круглое отверстие *55*, внутри которого один из концов цилиндра *QR* расположен так, что последний может вращаться вокруг прямой линии *55*, служащей как бы его осью, не увлекая рукояток, ибо их плоские поверхности, вставленные между досками, препятствуют этому; однако при любом другом движении цилиндр уводит их за собой.

Из всего сказанного вытекает, что в то время, когда линейка *KLM* передвигается из *N* к *O* (рис. 72 и 73), или из *O*

к P, или из P к O, либо из O к N, увлекая за собой цилиндр QR, она тем самым перемещает инструменты $Y67$ и $Z8\ 9$ таким образом, что каждая из их частей описывает гиперболу, образуемую пересечением двух линий 34 и 55, из которых одна, а именно 34, описывает конус, а другая, $5\ 5$, лежит в плоскости, пересекающей его. Что касается острия или режущей кромки инструментов, то им можно придать разный вид в зависимости от того, как их намерены применить. Чтобы сообщить выпуклым стеклам нужную форму, сначала следует воспользоваться инструментом $Y6\ 7$ и с его помощью вырезать несколько стальных пластинок приблизительно одинаковой формы с $CNOP$; затем посредством указанных пластинок и инструмента $Z89$ нужно углубить диск d, сообразуясь с его толщиной abc, таким образом, чтобы все сечения, которые могут быть сделаны плоскостями, проходящими через ee — ось диска d, — приобрели фигуру гиперболы, которую чертит это приспособление; наконец, стекло, подлежащее обработке, необходимо прикрепить к станку hfk и приставить его к диску, заставляя двигаться станок вокруг оси hk, притягивая за веревку li и вращая вместе с тем диск вокруг своей оси так, чтобы стекло, помещенное между ними, приняло ту форму, которую ему намерены придать.

Что касается способа использования инструмента $Y\ 6\ 7$, то следует заметить, что одновременно можно обрабатывать только половину пластинок $c\ n\ o\ p$, например пластинки, располагающиеся между точками n и o; с этой целью к приспособлению надлежит добавить брус около точки P, позволяющий линейке KLM при ее перемещении из N к O продвинуться по направлению к точке P настолько, насколько необходимо для того, чтобы прямая $3\ 4$, проходящая через середину линейки, достигла плоскости $1\ 2\ GOC$ (рис. 70), пересекающей доски под прямым углом. Острие инструмента $Y67$ должно иметь такую форму, чтобы все части его режущей кромки лежали в плоскости 12, когда в ней находится линия $3\ 4$; нельзя допускать наличия других частей, которые

продвинулись бы дальше к стороне, помеченной *P*; надо, чтобы весь скос острия был направлен к точке *N*. Впрочем, скос можно сделать тупым или острым, с большим или меньшим наклоном и любой длины, как это будет найдено наиболее целесообразным. Далее, после того как пластинки выкованы и им придана с помощью напильника наиболее подходящая форма, их надлежит приставить и прижать к инструменту *Y6 7*; передвигая линейку *KLM* из *N* к *O* и обратно из *O* к *N*, можно обработать одну из половинок; чтобы вторую сделать совершенно одинаковой, надо предусмотреть брусок или другой предмет, задерживающий продвижение к инструменту *Y6 7* за пределы того положения, в каком они находятся, когда закончится обработка половины *NO*; тогда, несколько отодвинув инструмент, нужно сменить его острие и поставить на его место другое; необходимо, чтобы лезвие находилось точно в той же плоскости, имело ту же форму и было продвинуто настолько же, насколько и предыдущее, при условии, что весь его скос направится в точку *P*, так что если приставить два резца друг к другу, то их лезвия совпадут. Перенося к точке *N* брус, ранее поставленный около точки *P*, для того чтобы задержать движение линейки *KLM*, нужно перемещать данную линейку из *O* к *P* и из *P* к *O* до тех пор, пока пластинки не продвинутся к инструменту *Y67* настолько, насколько это имело место раньше; когда указанная цель достигнута, их обработка считается законченной.

Что касается диска *d*, который должен быть изготовлен из какого-нибудь твердого вещества, то прежде надлежит придать ему посредством напильника наиболее правильную форму, а затем будет очень легко окончить его обработку с помощью пластинок *c p o p*, если только они были с самого начала так хорошо откованы, что в дальнейшем закал совсем не изменил их формы, и при условии, что они приставляются к диску таким образом, что острие пластинок *c p o p* и ось диска *e e* находятся в одной общей плоскости и что имеется

пружина или груз, прижимающие диск к плоскости, в то время как этот последний вращается вокруг своей оси.

Обработка продолжается с помощью инструмента *Z 8 9*, резец которого должен иметь два острия; впрочем, он может иметь любую форму, лишь бы все части острия *8 9* лежали в одной плоскости, пересекающей поверхности досок *CG*, *EF* под прямым углом. Пользование инструментом производится следующим образом: линейка *KLM* передвигается вдоль полюсов *1*, *2* так, что она проходит сразу из *P* до *N* и обратно из *N* до *P* при вращении диска вокруг оси. Благодаря этому лезвие инструмента снимает все неровности, которые встречаются на цилиндрической поверхности диска, а его острие устраняет шероховатости находящиеся на боковых поверхностях; отсюда видно, что инструмент должен быть снабжен и лезвием и острием.

После того как отделку диска довели до возможно более высокой степени совершенства, стекло легко может быть обработано с помощью движущихся диска и цилиндра, на котором оно закреплено; однако следует предусмотреть какую-либо пружину или другое приспособление, которое, не препятствуя движению, сообщаемому линзе цилиндром, прижимает стекло к диску, причем нижняя часть диска должна быть всегда погружена в сосуд, содержащий песчаник, наждак или другое вещество, необходимое для шлифовки и полировки стекла.

Теперь вы без труда поймете, каким образом вогнутым стеклам можно придать правильную форму: сначала с помощью инструмента *Z 89* изготовляются пластинки *спор*, затем посредством этих пластинок и инструмента *Y 67* вырезается диск; все дальнейшие операции совершаются так, как это описано выше. Заметьте, что диск, которым пользуются для шлифовки выпуклых поверхностей, может иметь любую величину; однако диск, служащий для обработки вогнутых поверхностей, должен быть настолько мал, чтобы его окружность не проходила выше линии *1 2* шлифующего приспособления, когда центр диска находится против линии

55 этого устройства. При полировке вогнутых стекол диск необходимо вращать значительно быстрее, чем цилиндр, тогда как при полировке выпуклых стекол следует поступать наоборот; причина указанного обстоятельства заключается в том, что при движении цилиндра края стекла стираются гораздо быстрее, чем его середина, а при движении диска они стираются меньше. Что касается пользы этих различных движений, то она очевидна: при ручной полировке стекол посредством формы тем единственным способом, который применялся до сих пор, возможно добиться лишь случайной удачи, даже если формы совершенны; если их отполировать с помощью только одного движения цилиндра по лекалу, то все маленькие дефекты лекала оставят круглые царапины на стекле.

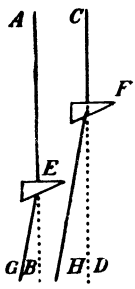


Рис. 74.

Я не привожу здесь доказательства некоторых геометрических свойств, ибо те, кто несколько знаком с этой наукой, легко могут найти их сами, и я убежден, что многие предпочтут поверить мне на слово, чем взять на себя труд читать изложение этих доказательств. Впрочем, чтобы все происходило по порядку, необходимо прежде всего научиться полировать линзы, плоские с одной стороны и выпуклые с другой, имеющие форму гиперболы, фокусы которой были бы в двух или трех футах один от другого: такая длина достаточна для зрительной трубы, вполне хорошо изображающей недоступные предметы. Далее следует попытаться изготовить вогнутые линзы различных форм и глубины; эти попытки надо продолжать до тех пор, пока опытным путем не будет найдена та форма, которая придаст зрительной трубе возможно более совершенный вид и наилучшим образом приспособит ее к глазу, наблюдающему через нее. Ибо вы знаете, что линзы должны быть немного более вогнутыми для близоруких, чем для других людей. После того как будет получена вогнутая линза, ее можно использовать для

любых зрительных труб; теперь остается только, имея в виду изготовление труб, предназначенных для наблюдения недоступных предметов, научиться обрабатывать различные выпуклые линзы, которые отстояли бы от вогнутых дальше, чем в первом случае; их следует изготовлять постепенно, одна за другой, с тем расчетом, чтобы расстояние, отделяющее их от вогнутой линзы, непрерывно возрастало до предельно допустимой величины; при этом диаметры линз соответственно становятся больше. Однако необходимо заметить, что поскольку выпуклые линзы находятся далеко от вогнутых и, следовательно, от глаза, постольку они должны быть обработаны более точно, ибо один и тот же дефект вызывает тем большее отклонение лучей от того места, куда они должны итти, чем больше расстояние до него [67]. Если линза F (рис. 74) отклоняет луч CF таким же образом, как линза E отклоняет AE, так что углы AEG и CFH оказываются равными, то луч CF, направляясь к H, удаляется на значительно большее расстояние от точки D, куда ему надлежало итти, чем AE от точки B, направляясь к G.

Наконец, последнее и главное, чему, по моему мнению, следует учиться, — это изготовить двояковыпуклые линзы для микроскопов; сначала необходимо овладеть обработкой линз для коротких микроскопов, так как они наиболее просты, затем для более длинных и, наконец, для самых длинных микроскопов, которыми еще можно пользоваться. Затруднения, с которыми вы встретитесь при изготовлении микроскопов, могут сильно ослабить желание заниматься ими; поэтому я должен вас предупредить о том, что, хотя они не вызывают такого интереса, как трубы, позволяющие нам как бы подняться на небеса и обнаружить на светилах такие же тела, какие мы видим на земле, все же я считаю их значительно более полезными, ибо с их помощью можно будет увидеть устройство маленьких частиц, из которых состоят животные и растения и, возможно, другие тела, окружающие нас. Микроскопы принесут большую пользу при

ознакомлении с природой этих тел: действительно, согласно мнению некоторых философов, все тела состоят исключительно из частиц элементов, смешанных различным образом; по моему мнению, вся их природа и существо, по крайней мере для неодушевленных предметов, заключается лишь в величине, форме и движении их частиц [68].

Когда линзы шлифуют с обеих сторон, трудно добиться того, чтобы вершины двух гипербол были прямо противоположны друг другу; в этом случае можно поступать следующим образом: сначала их края надлежит округлить на станке так, чтобы их окружность была абсолютно равна окружности подставок, к которым они будут прикреплены для полировки; затем в момент прикрепления линз, пока гипс, вар или цемент, с помощью которых их присоединяют, еще свежи и мягки, их пропускают вместе с подставками через кольцо, в которое они едва-едва входят [69]. Я не буду вам говорить ни о многочисленных предосторожностях, которые следует соблюдать при обработке, ни о различных приемах, необходимых при изготовлении зрительных труб, так как ни один из них не настолько труден, чтобы остановить искусных людей. Ибо я не рассчитываю здесь на обычных мастеров и хочу надеяться, что опубликованные в этом трактате открытия будут признаны достаточно интересными и значительными, чтобы побудить нескольких из наиболее любопытных и искусных мастеров нашего века предпринять попытку к их осуществлению.

МЕТЕОРЫ

Глава 1

О ПРИРОДЕ ЗЕМНЫХ ТЕЛ

Мы по своей природе больше удивляемся вещам, которые находятся выше нас, чем тем, которые находятся на той же высоте или ниже; и хотя облака лежат отнюдь не выше вершин некоторых гор, а часто можно видеть и облака более низкие, чем шпили наших колоколен, но чтобы наблюдать их, нужно обращать очи к небу[1]. А поэтому мы представляем их себе столь высокими, что поэты и художники изображают их, как трон бога; в их толковании, бог собственными руками открывает и закрывает там врата ветров, проливает росу на цветы и низвергает молнии на скалы. Это заставляет меня надеяться, что если я объясню здесь их природу так, чтобы не осталось повода дивиться тому, что человек в них видит и что из них исходит, то можно будет подобным же образом подойти и к причинам всего того, что есть удивительного над землей[2].

В этой первой части я буду говорить о природе земных тел вообще, чтобы иметь возможность лучше объяснить в дальнейшем природу летучих веществ и паров[3]. Затем, поскольку эти пары, поднимаясь из морской воды, иногда образуют соль над поверхностью моря, я воспользуюсь случаем и немного остановлюсь на описании этого явления, чтобы на его примере попытаться выяснить, можно ли познать форму этих тел, которые, по мнению философов, составлены из элементов путем полного смешения, а также

форму метеоров, которые, по их мнению, составлены из элементов путем неполного смешения[4]. После этого, проводя пары через воздух, я рассмотрю, откуда являются ветры; заставляя их собраться в некоторых местах, я опишу природу облаков; заставляя эти облака рассеяться, я скажу, откуда происходят дождь, град и снег; при этом я не забуду о таком снеге, части которого имеют форму маленьких, очень правильных шестиугольных звездочек; хотя древние никогда его не наблюдали, тем не менее он является одним из самых редкостных чудес природы. Я не забуду также ни бурь, ни грома, ни молнии, ни различных огней, которые загораются в воздухе, ни световых явлений, которые в нем наблюдаются; но, в особенности, я постараюсь хорошо описать радугу и объяснить ее цвета так, чтобы можно было понять также природу всех цветов, которые мы находим в других предметах; к этому я прибавлю причину радуг, обычно наблюдаемых в облаках, и колец, окружающих светила, и, наконец, причину солнц или лун, которые иногда появляются по нескольку одновременно.

Правда, что познание этих вещей зависит от общих начал природы, которые, сколько мне известно, еще хорошо не объяснены; мне вначале придется пользоваться некоторыми допущениями, как это я сделал в „Диоптрике“; но я постараюсь сделать их столь доступными и ясными, что вам, вероятно, будет нетрудно принять их на веру, даже если я их не докажу.

Прежде всего я предполагаю, что вода, земля, воздух и все такого рода тела, которые нас окружают, состоят из многочисленных мелких частиц различной формы и размеров, которые никогда не бывают настолько правильно расположены и не настолько точно прилегают друг к другу, чтобы вокруг них не оставалось промежутков; что эти промежутки не пустые, а наполнены той весьма разреженной материей, при посредстве которой, как я сказал выше, передается действие света. Затем я предполагаю, что мелкие частицы, из которых состоит вода, длинны, гладки и скользки, наподобие малень-

ких угрей; хотя они соединяются и переплетаются друг с другом, но никогда не связываются и не сцепляются так, чтобы их нельзя было легко разъединить. Напротив, почти все частицы как земли, так даже и воздуха и бóльшей части других тел имеют самые различные формы и размеры, так что достаточно малейшего их переплетения, чтобы они связывались и сцеплялись между собой наподобие ветвей кустарников, растущих вместе в изгороди; и соединяясь таким образом, они образуют тела, твердые, как земля, дерево или другие, им подобные. Между тем, если они только наложены друг на друга, не связываясь совсем или связываясь очень слабо, и притом так малы, что могут быть перемещены и разъединены движением окружающей их разреженной материи, они должны занимать большое пространство и образовать жидкие тела, очень редкие и почти лишенные плотности, как масла или воздух. Далее, нужно предполагать, что разреженная материя, наполняющая промежутки между частицами этих тел, имеет то свойство, что никогда не перестает двигаться то туда, то сюда чрезвычайно быстро, однако не всегда с одинаковой скоростью во всех местах и во всякое время: она движется обыкновенно несколько быстрее у поверхности земли, чем высоко в воздухе, где находятся облака; быстрее в местах, близких к экватору, чем близ полюсов, а в одном и том же месте — быстрее летом, чем зимой, и днем, чем ночью. Причина этого очевидна, если предположить, что свет — это не что иное, как известное движение или действие, посредством которого светящиеся тела сдвигают эту разреженную материю во все стороны вокруг себя по прямой линии, как это было сказано в „Диоптрике". Ибо отсюда следует, что лучи солнца, как прямые, так и отраженные, должны приводить ее в движение, больше днем, чем ночью, и летом, чем зимой, и под экватором, чем у полюсов, и у земли, чем в облаках. Затем нужно также подумать о том, что эта разреженная материя состоит из различных частиц, которые хотя все очень малы, но в неодинаковой степени,

и что более объемистые, или, лучше сказать, менее мелкие, всегда обладают большей силой, как и вообще все большие тела обладают большей силой, чем маленькие, когда приведены в движение в одинаковой мере. Отсюда следует, что чем менее разрежена эта материя, т. е. чем из менее мелких частиц она состоит, тем больше она может приводить в движение частицы других тел; отсюда следует также, что она обычно менее всего разрежена в тех местах и в то время, когда она находится в наибольшем движении, именно у поверхности земли она плотнее, чем в облаках, у экватора, чем у полюсов, и летом, чем зимой, и днем, чем ночью. Причина в том, что самые большие из этих частиц, обладая большей силой, могут лучше продвигаться к тем местам, где возмущение более сильно, и благодаря этому им легче продолжать свое движение. Однако всегда имеется некоторое количество очень маленьких частиц, которые проскальзывают между большими; а нужно заметить, что у всех земных тел имеется много пор, через которые могут пройти эти мельчайшие частицы, но есть тела, у которых эти поры так узки или имеют такое расположение, что более крупные частицы в них проникнуть не могут; это обычно тела, которые кажутся холодными, если до них дотронуться или даже если к ним только приблизиться. Поскольку мрамор и металлы кажутся более холодными на ощупь, чем дерево, следует полагать, что их поры не пропускают так легко менее мелкие частицы этой материи, а поры льда пропускают их с еще бóльшим трудом, чем поры мрамора или металлов, поскольку он является еще более холодным. Ибо я предполагаю здесь, что для объяснения холода и тепла нужно представить себе только то, что мелкие частицы тел, которых мы касаемся, приводятся в движение более быстрое, чем обычно, или мелкими частицами этой разреженной материи, или какими-либо другими возможными причинами, а эти частицы тел в свою очередь приводят в движение в большей степени волокна наших нервов, являющихся органами

осязания; и когда они колеблют их сильнее, чем обычно, это вызывает в нас ощущение тепла, а когда они колеблют их слабее, это вызывает ощущение холода. И очень легко также понять, что хотя эта разреженная материя не разделяет частицы твердых тел, которые подобны переплетающимся ветвям, так, как она разделяет частицы воды и других тел, находящихся в жидком состоянии, но она все же их приводит в движение и заставляет сотрясаться в большей или меньшей степени в зависимости от того, насколько сильно ее движение и насколько велики ее частицы. Так, ветер может колебать все ветви кустарников, составляющих изгородь, но это не значит, что он сдвигает кустарники с их мест. В общем, надо считать, что между силой этой разреженной материи и сопротивлением частиц других тел существует определенное соотношение, а именно, если она колеблется в той же мере, как это ей свойственно для слоев близ земли, и бывает не более разреженной, чем ей свойственно, то она обладает силой колебать и приводить в движение независимо друг от друга мелкие частицы воды, между которыми она проскальзывает, и даже сгибать их; таким образом она приводит воду в жидкое состояние. Но если она не колеблется сильнее и является не более разреженной, чем это ей свойственно в верхних слоях воздуха, или чем она бывает иногда зимой вблизи земли, то у нее уже не хватает силы, чтобы таким образом сгибать и колебать частицы. Тогда частицы останавливаются в беспорядочном соединении, налагаясь друг на друга, и образуют твердое тело, именно лед. Таким образом, разницу между водой и льдом можно уподобить разнице между кучкой маленьких угрей, живых или мертвых, плавающих в рыбачьей лодке, через отверстия которой проходит колеблющая их речная вода, и кучкой тех же угрей, высохших и застывших от холода на берегу. А так как вода замерзает лишь тогда, когда материя, находящаяся между ее частицами, оказывается менее плотной, чем обыкновенно, то отсюда следует, что поры льда, которые обра-

зуются в это время, поскольку они приспособлены только к размерам частиц этой менее плотной материи, располагаются так, что не могут пропустить материю большей плотности. Поэтому лед всегда очень холоден, даже если хранить его до лета, и сохраняет свою твердость, не размягчаясь мало-помалу, как воск, ибо тепло проникает внутрь лишь по мере того, как поверхность становится жидкой.

Нужно еще заметить здесь следующее: среди длинных и гладких частиц, из которых, как я сказал, состоит вода, большая часть сгибается или перестает сгибаться в зависимости от того, имеет ли материя, их окружающая, несколько больше или меньше силы, чем обычно, как я уже только что объяснил. Но есть и частицы больших размеров, которые, будучи не в состоянии гнуться таким образом, образуют соли; и более мелкие, которые всегда могут сгибаться и образуют летучие жидкости, или спирты, которые никогда не замерзают. И когда частицы обыкновенной воды совсем перестают сгибаться, их наиболее естественный вид не таков, чтоб они были все прямые, как тростники, но многие из них искривлены различным образом; а потому они уже не могут поместиться в таком малом пространстве, как в том случае, когда разреженная материя, имея достаточно силы, чтобы их согнуть, заставляет их приспособить свои формы друг к другу. Правда также, что если она обладает большей силой, чем для этого необходимо, она в дальнейшем является причиной того, что они займут большее пространство[5]. Это можно видеть на опыте, если, налив теплой водой колбу или иной сосуд с достаточно длинным узким горлышком, выставить ее на воздух во время мороза: ибо эта вода явственно начнет опускаться мало-помалу, пока не дойдет до известной степени холода, затем расширится и будет подниматься также мало-помалу, пока вся не замерзнет. Итак, тот же холод, который сгустил или сжал ее вначале, разредит его потом. И можно видеть также из опыта, что вода, которую долго держали на огне,

замерзнет скорее, чем другая; причина в том, что те из ее частиц, которым труднее перестать гнуться, испаряются во время ее нагревания.

Но чтобы вы могли легче принять все эти предположения, знайте, что я не мыслю мелкие частицы земных тел в виде атомов или неделимых частиц; напротив, считая их состоящими из одной и той же материи, я полагаю, что каждая из них может быть делима бесконечным множеством способов и что они различаются между собой лишь так же, как отличаются камни разнообразной формы, отколотые от одной и той же скалы. Знайте также, что, желая хранить мир с философами, я не думаю отрицать ничего из того, что они приписывают телам сверх указанного мною, как их *существенные формы*, их *реальные качества* и тому подобные вещи; но мне кажется, мои доводы должны встретить тем большее одобрение, что я поставлю их в зависимость от меньшего числа причин.

Глава II

ПАРЫ И ЛЕТУЧИЕ ТЕЛА

Если вы примете во внимание, что разреженная материя, находящаяся в порах земных тел, колеблется иногда сильнее, иногда слабее, либо под влиянием солнца, либо под влиянием возможных причин, а потому она колеблет сильнее и мелкие частицы этих тел, то вы легко поймете и следующее: те частицы, которые достаточно малы и притом имеют такую форму или такие положения, что легко могут отделиться от соседних, тут и там отделяются друг от друга и поднимаются в воздух. Причина этого не в том, чтоб у них была какая-либо склонность подниматься, или солнце обладало бы какой-либо силой, их притягивающей; причина в том, что для них не находится места, куда они могли бы продолжать двигаться столь же легко, подобно

тому, как поднимается пыль на проселочной дороге только оттого, что ее поднимают и приводят в движение ноги прохожих[6]. Ибо, хотя частицы этой пыли гораздо крупнее и тяжелее, чем маленькие частички, о которых мы говорим, но тем не менее и они поднимаются к небу, и можно даже видеть, что они поднимаются гораздо выше, когда на большой площади ходит множество людей, чем когда ее топчет один человек. Поэтому не приходится удивляться и тому, что действие солнца поднимает на значительную высоту маленькие частички материи, из которой составляются пары и летучие тела, ибо это действие всегда распространяется одновременно на целую половину земли и пребывает над нею целые дни. Но заметьте, что эти частички, поднятые в воздух солнцем, должны по большей части иметь ту форму, какую я приписал частичкам воды, ибо нет иных частиц, которые могли бы так легко быть отделены от тел, в которых они находятся. И только их я буду называть собственно парами, чтобы отличить их от частиц, имеющих менее правильные формы и за которыми я сохраню название летучих выделений, поскольку не знаю названия более подходящего. Но и к летучим выделениям я буду причислять те частицы, которые, имея примерно ту же форму, что частицы воды, но более тонкие, образуют летучие вещества, или спирты, ибо они легко могут воспламеняться; я исключаю отсюда те частицы, которые, разделяясь на несколько ветвей, так тонки, что им свойственно лишь образовать воздух. Что касается тех, которые разделяются на ветви, но несколько более грубы, то они, правда, не могут сами по себе выходить из твердых тел, в которых они находятся, но если в этих телах возникает огонь, он их немедленно изгоняет в виде дыма. Также, если вода проникает в поры этих тел, она нередко отделяет эти частицы и уносит с собою вверх, подобно тому, как ветер, проходя через изгородь, уносит листья или соломинки, застрявшие в ее ветвях, или, вернее, как сама вода

выносит на верх реторты мелкие частицы тех масл, которые алхимики обычно извлекают из сухих растений: напитывая их большим количеством воды, они перегоняют все вместе, и таким образом достигают того, что малое количество масла, в них содержащееся, поднимается вместе с большим количеством воды, находящейся между ними. И действительно,

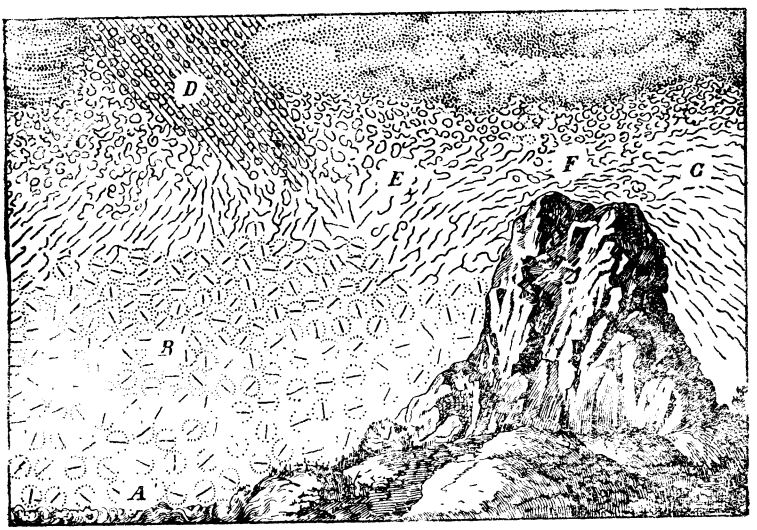


Рис. 75.

бо́льшая часть этих растений — те же, которые обычно составляют существо этих масл. Заметьте также, что пары всегда занимают больше места, чем вода, хотя они состоят из тех же частиц. Причина этого в том, что, когда эти частицы образуют воду, они движутся с силой, достаточной только для того, чтобы гнуться и переплетаться, скользя одна по другой, как вы это можете видеть в *A* [7] (рис. 75), в то время как, если они имеют форму пара, их движение так сильно, что они начинают очень быстро вращаться кругом во все стороны и растягиваются во всю свою длину; таким образом, каждая из них обладает достаточной силой,

чтобы прогнать из своего окружения все те из подобных ей частиц, которые стремятся проникнуть в маленькую сферу, которую она описывает, как вы это можете видеть в *B*. Точно так же, если вы заставите вращаться с достаточной скоростью стержень *LM* (рис. 76), через который перекинута веревка *NP*, вы увидите, что веревка будет держаться в воздухе совершенно прямо, в натянутом положении, занимая таким образом все пространство, заключенное в круге *NOPQ*, так что если только внести туда какое-нибудь иное тело, она тотчас же ударит его с силой, достаточной, чтоб его удалить. Если же вы заставите ее вращаться более медленно она сама собой обмотается вокруг стержня, и, следовательно, уже не будет занимать столь большое пространство.

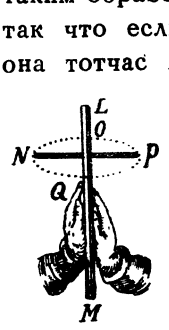


Рис. 76.

Далее, нужно заметить, что эти пары могут быть в большей или меньшей степени сжатыми или расширенными, и более или менее теплыми или холодными, и более или менее прозрачными или темными, и более или менее влажными или сухими. Ибо, во-первых, когда их частицы, перестав колебаться настолько сильно, чтобы удержаться вытянутыми в прямую линию, начинают изгибаться и сближаться между собой, как изображено в *C* и в *D* (рис. 75), или когда они прижаты между горами или сжаты действием различных ветров, которые, имея противоположные направления, мешают друг другу колебать воздух; или когда они находятся под какими-либо облаками, — они не могут занять такое пространство, какого требовала бы сила их колебания, как можно видеть в *E*; бывает, наконец, и так, что истратив бóльшую часть своего возбуждения на то, чтоб переместиться по нескольку вместе в одну и ту же сторону, они уже не вращаются так сильно, как обыкновенно, как можно видеть в *F*; или, выйдя из пространства *E*, они дают начало ветру, дующему в направлении к *G*; ясно, что пары, которые из них образуются, будут более сгущенными или

более сжатыми, чем тогда, когда не имеет места ни один из этих трех случаев. И ясно также, что если пар, находящийся в E, движется так же, как и пар, находящийся в B, то он должен быть гораздо теплее, ибо его частицы, как более сжатые, обладают большей силой; точно так же жар раскаленного железа гораздо сильнее, чем жар угля или пламени.

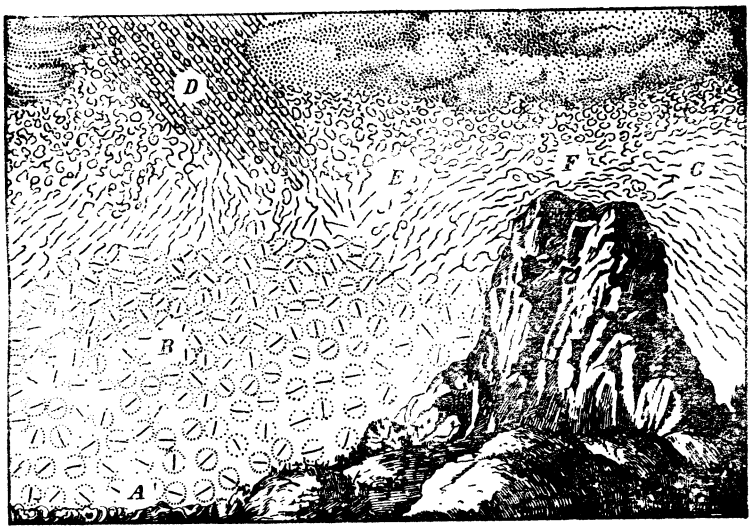


Рис. 77

По этой же причине нередко летом ощущается более сильная и более удушливая жара тогда, когда воздух, находясь в состоянии покоя и как бы одинаково сжатый со всех сторон, бывает чреват дождем, чем когда он более чист и ясен. Что касается паров, находящихся в C (рис. 77), то они более холодны, чем пары, находящиеся в B, хотя их частицы и несколько более сжаты, ибо я предполагаю, что они колеблются значительно слабее. И, наоборот, пар, находящийся в D, будет теплее, поскольку предполагается, что его частицы значительно более сжаты и колеблются лишь немного слабее; а пар, находящийся в F, холоднее находящегося в E,

хотя его частицы и не менее сжаты и колеблются не менее сильно, ибо они стремятся двигаться согласно в одном и том же направлении и вследствие этого не могут колебать в той же мере мелкие частицы других тел; так, ветер, который дует все время однообразно, хотя он и очень силен, не может колебать ветви и листья в лесу в той же мере, как ветер более слабый, но менее равномерный. И вы можете усмотреть на опыте, что именно в этом колебании мелких частиц земных тел заключается причина тепла, если будете дуть с достаточной силой на свои сложенные пальцы; вы тогда заметите, что дыхание, исходящее из ваших губ, покажется вам холодным поверх вашей руки, где, проходя очень быстро и с одинаковой силой, оно не вызывает никаких колебаний, тогда как оно покажется вам довольно теплым в промежутках между пальцами, где, проходя более неровно и медленно, оно будет колебать более сильно их маленькие частицы. Дыхание, далее, кажется всегда теплым, если дуть с сильно открытым ртом, и холодным, если дуть с ртом, почти закрытым. По той же самой причине сильные ветры обычно кажутся холодными, и мало теплых ветров, которые не были бы медленными [8].

Кроме того, пары, изображенные и в B, и в E, и в F (рис. 78), прозрачны, и на глаз их нельзя отличить от остального воздуха, ибо поскольку они движутся очень быстро и с той же силой, как разреженная материя, которая их окружает, они не могут помешать ей испытывать действие светящихся тел, а наоборот, испытывают его вместе с нею. Пары же, находящиеся в C, начинают становиться непрозрачными или темными, ибо их частицы не повинуются более этой разреженной материи в такой мере, чтобы она могла перемещать их всяческими способами. А пар, изображенный в D, совсем не может быть столь же темным, как пар в C, ибо он теплее его: подобно тому как вы видите, что зимой благодаря холоду дыхание или пот разгоряченных лошадей обнаруживаются в виде густого дыма, очень плотного и тем-

ного, тогда как летом, когда воздух становится теплее, они остаются невидимыми[9]. И не следует сомневаться в том, что воздух часто может содержать иногда столько же или больше паров, когда их совершенно не видно, чем когда они видны; ибо как могло бы случиться без проявления чуда, чтобы при теплой погоде и среди дня солнце, светя-

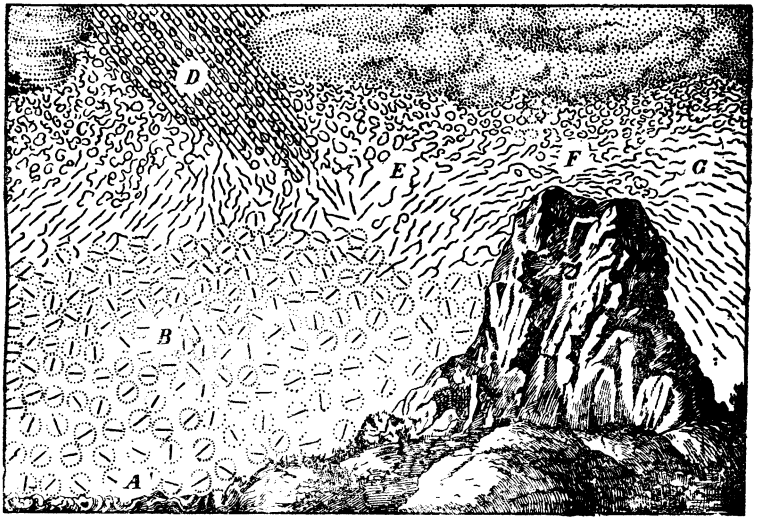


Рис. 78.

щее на озеро или на болото, не извлекало бы оттуда много паров; можно даже заметить, как воды тогда мелеют и высыхают значительно больше, чем в холодную и пасмурную погоду. Далее, пары в *E* более влажны, т. е. более склонны превращаться в воду и, подобно воде, смачивать или увлажнять другие тела, чем пары в *F*. Ибо последние, наоборот, сухи, поскольку, ударяя с силой влажные тела, встречающиеся на их пути, они могут изгонять из них и уносить с собою находящиеся в них частицы воды и таким образом их высушивать. Точно так же мы ощущаем, что бурные ветры всегда сухи, и нет влажных ветров, которые не были

бы слабыми. И можно сказать, что те же пары, когда они находятся в *E*, более влажны, чем когда они находятся в *D*, потому что их частицы, двигаясь с большей силой, могут лучше проникать в поры других тел и делать их более влажными; но можно сказать также, в другом смысле, что они менее влажны, ибо слишком сильное колебание этих частиц мешает им принять так легко форму воды.

Что касается летучих выделений, то они могут иметь гораздо больше различных свойств, чем пары, ибо между их частицами может быть больше различия. Но достаточно заметить здесь, что самые крупные из них представляют как бы не что иное, как землю, которую можно видеть на дне сосуда, после того как на нем осела снеговая или дождевая вода; самые же мелкие — не что иное, как спирты или летучие вещества, которые всегда поднимаются в первую очередь из тел, подвергаемых перегонке. Среди же частиц промежуточных размеров одни обладают природой летучих солей, другие — природой масл, или вернее, дыма, который исходит из масл при их сжигании. И хотя бóльшая часть этих испарений поднимается в воздух лишь вместе с парами, но затем они легко от них отделяются: или сами собой, подобно тому, как масла отделяются от воды, с которой их перегоняют; или благодаря движению ветров, собирающих их вместе в одно или несколько тел, подобно тому как крестьянки, сбивая сливки, отделяют масло от сыворотки; или даже, нередко, только благодаря тому, что, будучи более или менее тяжелыми, чем пары, или двигаясь с большей или меньшей силой, они собираются в области более низкой или более высокой, чем эти последние. И обычно масла поднимаются менее высоко, чем спирты, а те летучие выделения, которые представляют собою лишь землю, еще менее высоко, чем масла [10]. Но нет таких, которые останавливались бы ниже, чем частицы, из которых состоит обыкновенная соль; и хотя последние не принадлежат собственно ни к летучим выделениям, ни к парам, ибо не поднимаются никогда выше,

чем самая поверхность воды[11], все же, поскольку они появляются там путем испарения этой воды и поскольку в них есть много очень замечательных вещей, я не хочу о них совсем умолчать.

Глава III

О СОЛИ[12]

Соленость моря зависит только от этих более крупных частиц его воды, которые, как я сказал ранее, не могут быть ни согнуты, подобно другим, действием разреженной материи, ни даже приведены в движение без посредства частиц более мелких. Ибо, во-первых, если бы вода не состояла из нескольких частей, как я предположил выше, ей было бы одинаково легко или трудно разделяться различным образом и в различных направлениях, и она не проникала бы так легко, как это имеет место в действительности, в тела с относительно широкими порами, как в известь или в песок; а с другой стороны, она могла бы также проникать в известной мере в тела с более узкими порами, как в стекло и в металлы. Кроме того, если бы эти частицы не имели той формы, какую я им приписал, то, войдя однажды в поры других тел, они не могли бы быть удалены из них так легко только колебаниями, вызванными ветром или теплом; мы достаточно ясно можем убедиться в этом, если обратимся к маслам или другим жирным жидкостям, частицы которых, как мы говорили, имеют другую форму: ибо их почти никогда нельзя полностью удалить из тел, куда они однажды проникли. Наконец, мы никогда не видим в природе тел, которые были бы так сходны между собой, чтобы не обнаружилось хоть малейшего неравенства в их величине, а потому для нас не должно быть затруднительным представить себе, что частицы воды не являются в точности одинаковыми, и что, в частности, в море, которое служит

вместилищем всех вод, должны встречаться столь крупные частицы, что они не могут сгибаться, подобно другим, под действием силы, обычно их движущей. И я хочу попытаться показать вам здесь, что одного этого достаточно, чтобы наделить их всеми свойствами, присущими соли. Во-первых, не удивительно, что они имеют острый и резкий вкус, сильно отличающийся от вкуса пресной воды; ибо, поскольку разреженная материя, которая их окружает, не может их согнуть, они должны всегда входить острием в поры языка и таким образом проникают достаточно далеко, чтобы вызвать укол; тогда как частицы, образующие пресную воду, текут лишь на поверхности в лежачем положении и благодаря легкости, с какой они гнутся, не могут дать почти никакого ощущения вкуса. Когда частицы соли подобным же образом проникают своими остриями в поры мяса, которое желают сохранить от порчи, они не только отнимают у него влагу, но и являются в нем чем-то вроде маленьких палочек, тут и там воткнутых в его части; здесь они, оставаясь твердыми и не сгибаясь, поддерживают эти части и препятствуют другим, более гибким частицам, также находящимся в мясе, приводить его части в беспорядок своим движением и вызывать гниение тела, которое они образуют. Вследствие этого мясо с течением времени становится более жестким, тогда как частицы пресной воды, сгибаясь и проскальзывая там и сям в его поры, могли бы содействовать его размягчению и разложению. Далее, не удивительно, что соленая вода плотнее пресной, ибо она состоит из частиц, которые, будучи более крупными и более массивными, могут поместиться в меньшем пространстве; ведь от этого и зависит плотность.

Однако нужно рассмотреть, почему эти более массивные частицы оказываются смешанными с менее массивными, когда, казалось бы, они естественно должны бы опуститься вниз; и причина, по крайней мере для частиц обыкновенной соли, заключается в том, что они одинаково крупны с обоих концов и совершенно прямолинейны, наподобие маленьких

палочек. Ибо если бы имелись в море частицы, которые были бы с одного конца толще, чем с другого, и, следовательно, тяжелее, то с тех пор как мир существует, они бы опустились на дно; или если бы имелись частицы изогнутые, они могли бы встретить твердые тела и соединиться с ними, так как, однажды войдя в их поры, они не могли бы выйти из них так же легко, как частицы ровные и прямые. Но эти частицы, налагаясь поперек друг на друга, дают возможность частицам пресной воды, находящимся в постоянном движении, накручиваться и навиваться на них, располагаясь и размещаясь на них в известном порядке, и благодаря этому они могут продолжать двигаться легче и быстрее, чем если бы они были одни; ибо, когда они таким образом накручены на другие частицы, сила разреженной материи, приводящей их в движение, тратится только на то, чтоб заставлять их очень быстро вращаться вокруг тех частиц, которые они охватывают; при этом они там и сям переходят с одной частицы на другую, оставаясь сложенными. Между тем, если б они были разрознены, как это имеет место для пресной воды, они необходимо сплетались бы между собой так, что часть силы, присущей разреженной материи, шла бы на их сгибание, на их разделение друг от друга. Поэтому она уже не может заставить их двигаться ни столь легко, ни столь быстро. Стало быть, если верно, что эти частицы пресной воды могут лучше двигаться тогда, когда они накручены на частицы соли, чем когда они одни, то не удивительно, что они на них накручиваются, когда оказываются вблизи, а затем, охватив их, они препятствуют тому, чтобы различие в тяжести их разделило.

Отсюда происходит то, что соль легко тает в пресной воде или даже если ее только выставить на воздух в сырую погоду, причем, однако, в определенном количестве воды тает лишь определенное количество соли, именно такое, чтобы сгибающиеся частицы этой воды могли охватить частицы соли, накручиваясь на них[13]. А поскольку прозрачные тела

тем более прозрачны, чем менее они противодействуют движениям разреженной материи, находящейся в их порах, мы поймем отсюда, что морская вода, естественно, должна быть более прозрачной и давать несколько более сильное преломление, чем речная вода. Ясно также, что морская вода не должна и замерзать так легко, раз мы знаем, что вода замерзает лишь тогда, когда разреженная материя, заключенная между частичками, не имеет силы их колебать; в этом можно даже усмотреть и разгадку секрета изготовления льда летом, одного из самых красивых среди известных пытливым умам, хотя он и не столь уже необычен. Кладут соль, смешанную с равным количеством снега или толченого льда, вокруг сосуда, наполненного пресной водой, и без всяких иных приемов, по мере того как эта соль и этот снег тают, образуя одно целое, вода, заключенная в сосуде, превращается в лед.

Причина этого заключается в том, что, поскольку разреженная материя, окружавшая частицы этой воды, более груба, а поэтому обладает большей силой, чем материя, окружавшая частицы снега, то она будет занимать место последней по мере того, как частицы снега, растаивая, накручиваются на частицы соли; ибо ей легче двигаться в порах воды соленой, чем пресной, а она непрестанно стремится перейти из одного тела в другое, чтобы войти в те тела, где ее движение встречает наименьшее препятствие. Таким образом, более разреженная материя, находившаяся в снеге, входит в воду, замещая ту, которая из нее вышла; а так как у нее нет силы, достаточной для поддержания колебаний этой воды, то последняя и замерзает. Но одно из главнейших свойств частиц соли — это то, что они в высшей степени устойчивы, т. е. не могут быть подняты в виде пара, как частицы пресной воды. Причина этого не только в том, что, будучи толще, они более тяжелы, но еще и в том, что, будучи длинными и прямыми, они никак не могут долго оставаться взвешенными в воздухе; поднимаются ли они

выше или же опускаются, один из их концов необходимо направляется вниз, и они будут держаться по прямой, перпендикулярной земле, так как и для поднятия, и для опускания им гораздо легче рассекать воздух в этом положении, чем в каком-либо другом.

С частицами пресной воды дело обстоит совсем иначе, ибо, легко сгибаясь, они никогда не бывают вполне прямыми, разве только если они быстро вращаются по кругу, тогда как частицы соли никогда не могут вращаться таким образом: встречаясь и сталкиваясь друг с другом и не имея возможности согнуться, чтобы друг к другу приспособиться, они немедленно были бы вынуждены остановиться. Но если они взвешены в воздухе одним концом вниз, как я уже сказал, то они, очевидно, должны будут скорее опускаться, чем подниматься, ибо сила, которая могла бы толкать их вверх, действует гораздо слабее, чем если бы они были расположены поперек. Она действует в настолько меньшей степени, насколько количество воздуха, оказывающее сопротивление концу частицы, меньше того количества, которое оказывало бы сопротивление ее длине; вес же ее — все один и тот же и действует тем сильнее, чем меньше сопротивление [14]. Прибавим к этому еще, что морская вода становится более пресной, когда проходит через песок, ибо частицы соли, не могущие согнуться, не могут течь по мелким обходным путям вокруг песчинок, как текут частицы пресной воды. Мы поймем поэтому, что, поскольку источники и реки состоят только из воды, которая была поднята в виде пара или которая прошла через большие слои песка, они не могут быть солеными, а также поймем, что все эти пресные воды, вливаясь в море, не должны делать его ни более обширным, ни менее соленым, ибо из него непрестанно истекает такое же количество воды; часть ее поднимается в воздух в виде паров и вновь падает на землю в виде дождя или снега, но бóльшая часть проникает подземными путями под горы. Там тепло, содержащееся в земле, поднимает

воду опять в виде паров к вершинам гор, и там она наполняет истоки ручьев и рек[15]. Мы поймем также, что морская вода должна быть более соленой под экватором, чем у полюсов, если мы примем во внимание, что солнце, имея там большую силу, извлекает из нее большое количество паров, которые затем не всегда выпадают обратно в тех же местах, откуда поднялись, но обычно в других местах, более близких к полюсам, как вам это станет более ясно позднее.

Далее, хотя я не имею намерения останавливаться специально на объяснении природы огня, я добавлю еще, почему морская вода менее пригодна для тушения пожаров, чем

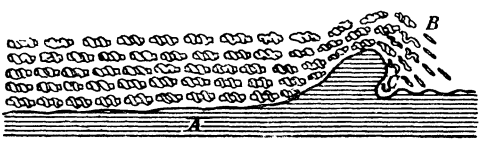


Рис. 79.

речная, и почему при волнении она искрится ночью[16]; вы могли бы убедиться, что частицы соли могут быть легко смещены благодаря тому, что они как бы взвешены между частичками пресной воды, и, следовательно, будучи прямыми и несгибаемыми, обладают большой силой после того, как они приведены в колебание; таким образом, они не только могут увеличивать пламя, если их туда бросить, но могут и сами быть причиной пламени, когда выбрасываются из воды, в которой они находятся. Если море, находящееся в A (рис. 79), устремляется с силой к C и встречает песчаный вал или какое-либо другое препятствие, заставляющее его подняться в B, то удар, который это движение сообщает частицам соли, может быть причиной того, что первые взлетающие в воздух частицы отделятся от частиц пресной воды, которые их обволакивают; тогда, находясь около B в одиночку, на известных расстояниях друг от друга, они вызывают искры, наподобие тех, какие дают камешки

при ударе. Правда, для этого необходимо, чтобы частицы соли были очень прямыми и скользкими, иначе они не смогут достаточно легко отделиться от частиц пресной воды; поэтому ни рассол, ни морская вода, долго хранившаяся в каком-либо сосуде, не вызывают этого явления. Необходимо также, чтобы частицы пресной воды не охватывали слишком тесно частицы соли, а потому эти искры появляются в большем числе тогда, когда тепло, чем когда холодно; нужно, далее, чтобы волнение моря было достаточно сильно, а отсюда вытекает, что огонь не исходит одновременно из всех волн; наконец нужно, чтобы частички соли двигались концами вперед, как стрелы, а не поперек; вследствие этого не все капельки, исходящие из одной и той же воды, светят одинаково сильно.

Однако рассмотрим теперь, каким образом соль при своем возникновении плавает по воде, несмотря на то, что ее частицы очень тверды и очень тяжелы, и как она образует мелкие зернышки с квадратными гранями, очень похожие на бриллианты, ограненные в форме плиток, с той только разницей, что самая большая из их граней несколько вогнута. Прежде всего для этого необходимо, чтобы морская вода удерживалась в каких-либо ямах во избежание как постоянного движения волн, так и притока пресной воды, которую дожди и реки постоянно несут в океан; далее, необходима теплая и сухая погода, ибо тогда действие солнца будет иметь достаточно силы, чтоб заставить испаряться частицы пресной воды, обволакивающие частицы соли. И нужно заметить, что поверхность воды всегда очень ровна и гладка, как и поверхность всех остальных жидкостей; причина этого в том, что ее частицы движутся относительно друг друга одинаковым образом и с одинаковыми колебаниями и что соприкасающиеся частицы воздуха также движутся одинаково относительно друг друга, но первые движутся иным образом и с иными колебаниями, чем вторые; и в особенности в том, что разреженная материя, окружаю-

щая частицы воздуха, движется совсем иначе, чем материя, окружающая частицы воды; благодаря этому их поверхности при трении друг о друга полируются так, как если бы это были твердые тела. Разница лишь в том, что здесь это происходит гораздо легче, почти в одно мгновение, и поэтому их частицы, никаким способом не связанные между собой, все сразу располагаются в порядке, необходимом для этой цели. Это служит причиной также и того, что разделить воду на поверхности гораздо труднее, чем в глубине; действительно, можно видеть на опыте, что все достаточно малые тела, хотя бы и состоящие из очень тяжелого вещества, как, например, маленькие стальные иголки, могут плавать и держаться на воде, пока она не разделена, но когда она разделена[17], они без остановки опускаются до самого дна. В связи с этим нужно еще заметить, что когда теплота воздуха достаточна для образования соли, она может не только заставить выйти из морской воды некоторые из находящихся в ней сгибаемых частиц и поднять их в виде паров, но и заставить их подняться с такой скоростью, что прежде, чем они будут иметь возможность освободиться от обматывающих их частиц соли, они окажутся над поверхностью воды; тогда, унося их с собой, они могут окончательно от них освободиться лишь после того, как закрылись отверстия в поверхности, через которые они вышли. Благодаря этому частицы соли плавают на поверхности совсем отдельно, как изображено в *D* (рис. 80); ибо, располагаясь на ней в длину, они оказываются недостаточно тяжелыми, чтобы уйти в воду, как стальные иголки, о которых я только что говорил, и лишь немного искривляют и опускают под собою поверхность воды, по причине своего веса, точно так же, как эти иголки. Таким образом, первые из них, будучи рассеяны тут и там по этой поверхности, делают в ней ряд ямок или мелких углублений; затем следующие, которые

Рис. 80.

идут за ними, очутившись на склонах этих ямок, скатываются и соскальзывают на дно, где они встречаются с первыми. И нужно в особенности заметить здесь, что с какой бы стороны они ни пришли, они должны лечь в точности рядом с этими первыми, как вы видите в *E*, так по крайней мере (рис. 81) должны лечь вторые, а нередко и третьи по той причине, что таким способом они опускаются несколько ниже, чем если бы они заняли какое-либо другое положение, а не то, которое можно видеть в *F*, или в *G*, или в *H*. А движение тепла, которое всегда хоть сколько-нибудь колеблет поверхность (воды), содействует тому, что они располагаются таким образом. Далее, если в каждой ямке получается по две или три частицы рядом друг с другом, то частицы, которые попадут туда потом, могут еще присоединиться к ним в том же направлении, если они не имеют там определенного расположения; но если случается так, что они имеют больший наклон к концам предыдущих, чем к сторонам, они ложатся поперек под прямыми углами, как вы можете видеть в *K*, ибо таким образом они также могут опуститься несколько ниже, чем это могло бы иметь место, если бы они расположились по-иному, как в *L* или в *M*. А поскольку таких, которые ложатся против концов двух или трех первых, и таких, которые ложатся против их сторон, имеется примерно одинаковое число, то отсюда происходит, что, располагаясь таким образом вместе по нескольку сотен, они первоначально образуют маленькую плитку, которая на взгляд кажется вполне квадратной и которая является как бы основанием крупинки соли, начинающей образовываться. И нужно заметить, что если имеется всего три или четыре частицы, расположенные в одном направлении, как в *N*, то лежащие в середине опускаются немного ниже, чем лежащие по краям; но когда присоединяются другие, ложащиеся поперек, как в *O*, они помогают другим частицам на

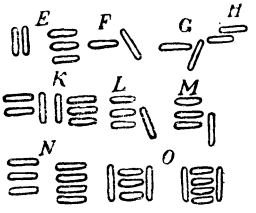


Рис. 81.

краях опускаться почти на столько же, как и частицы посредине.

Таким образом, маленькая квадратная плитка, служащая основанием крупинки соли и образующаяся обычно из нескольких сотен частиц, соединенных вместе, может представляться глазу только совершенно плоской, тогда как на деле она всегда немного искривлена. Однако по мере того, как эта плитка растет, она все более опускается, но так медленно, что поверхность воды изгибается под нею, не разрываясь. И когда она достигла определенной величины, она опускается так сильно, что частицы соли, еще присоединяющиеся к ней, не останавливаются у ее краев, а проходят поверху, и движутся там в том же направлении и таким же образом, как предыдущие двигались по воде; вследствие этого они вновь образуют квадратную плитку, которая в свою очередь понемногу опускается; затем частички соли, присоединяющиеся к ней, опять могут пройти поверх нее и образовать третью плитку, и так далее. Но следует заметить, что частички соли, образующие вторую из этих плиток, уже не катятся так легко по первой плитке, как частички, образующие эту первую плитку, катились по воде; ибо они встречают здесь поверхность не настолько ровную, которая позволила бы им течь так же свободно; а потому они не продвигаются до самой середины, и так как последняя таким образом остается пустой, вторая плитка уже не опускается сразу в той же мере, как и первая, но успевает немного увеличиться, прежде чем начнет образовываться третья. Так как вновь середина этой последней остается пустой, она станет немного больше, чем вторая, и так далее, пока вся крупинка соли, образованная большим числом таких маленьких плиток одна над другой, не будет завершена, т. е. пока она не соприкоснется с краями других соседних крупинок и уже не сможет расти далее. Что касается размеров первой плитки, служащей ей основанием, то они зависят от степени теплоты, колеблющей воду во время обра-

зования этой плитки, ибо чем сильнее вода колеблется, тем больше плавающие над нею частички соли искривляют ее поверхность; поэтому основание оказывается меньше, и вода может колебаться так сильно, что частички соли пойдут ко дну, не успев образовать никаких крупинок. Покатость четырех граней, исходящих из четырех сторон этого основания, зависит лишь от уже упомянутых причин, если за все время, нужное для образования крупинки, теплота остается неизменной; но если она возрастает, покатость будет меньше, а если убывает, то, наоборот, больше, так что если она то возрастает, то убывает, вдоль граней образуются как бы маленькие ступеньки. Что касается четырех ребер или сторон, соединяющих эти четыре грани, то они обычно не бывают ни слишком острыми, ни слишком гладкими; ибо частички, соединяющиеся на сторонах крупинки, почти всегда располагаются вдоль; но те из них, которые направляются к углам, легче могут расположиться по-иному, а именно так, как изображено в *R* (рис. 82). Поэтому ребра оказываются несколько притупленными и неодинаковыми, вследствие чего крупинки соли часто расщепляются здесь легче, чем в других местах, и пустое пространство, остающееся посередине, становится скорее круглым, чем квадратным. Кроме того, поскольку частицы, образующие эти крупинки, соединяются неопределенно, но соблюдая тот порядок, о котором я только что говорил, то часто случается, что их концы не соприкасаются, а между ними остается достаточно места, чтобы могло поместиться несколько частиц пресной воды; они там задерживаются и располагаются кругом, как видно в *P* (рис. 83), причем движутся лишь с умеренной скоростью. Но если их колеблет очень сильный жар, они с большой силой стремятся вытянуться и выпрямиться, как это было указано выше для того случая, когда вода расширяется в пар; тогда они внезапно разлетаются, ломая стенки своей клетки [18]. В этом при-

Рис. 82.

Рис. 83.

чина того, почему цельные крупинки соли разлетаются с треском в разные стороны, когда их бросают в огонь, и почему этого не происходит, если соль истолчена в порошок: в этом случае маленькие клетки уже разрушены. Кроме того, морская вода не может состоять из одних только частиц, мною описанных, и среди них всегда встречаются и частицы, форма которых такова, что они могут сохраняться в морской воде, хотя они и гораздо подвижнее; внедряясь между частичками соли во время ее образования, они придают ей как очень приятный запах фиалок, свойственный белой соли, когда она только что получена, так и грязный цвет, который свойствен черной соли, а также и все другие разнообразные свойства, которые наблюдаются в солях и которые зависят от различных сортов воды, из которых они образуются[19]. Наконец, вы не удивитесь тому, что соль так рассыпчата и поддается размельчению, если вы вспомните о том, каким образом связаны ее частицы; ни тому, что она всегда бела и прозрачна, когда она чиста, если подумаете о том, что среди ее частиц всегда заключено известное количество частиц пресной воды; ни тому, что она гораздо труднее тает, когда она размельчена в порошок и высушена, так что в ней уже совсем не остается пресной воды, если заметите, что она одна не может растаять, пока ее частицы не согнутся; а они могут сгибаться лишь с трудом. Действительно, хотя и можно предположить, что когда-то частицы в море были в разной степени, — одни более, другие менее, — сгибаемы, нужно все же считать, что все те, которые могли обвиться вокруг каких-либо других, постепенно размягчались и стали более гибкими, тогда как те, которые не обвивались, остались совершенно жесткими, так что теперь уже имеется большая разница в этом отношении между частицами соли и частицами пресной воды. Но и те, и другие должны быть круглыми, а именно, частицы пресной воды — наподобие веревок, частицы же соли — наподобие цилиндров или палочек, ибо все тела, которые движутся различным образом и в те-

чение долгого времени, имеют обыкновение округляться. Отсюда можно также познать, какова природа той чрезвычайно кислой и крепкой жидкости, которая может растворять золото и которую алхимики называют царской водкой. Ее можно извлечь лишь силой очень жаркого огня или из чистой соли, или из соли, смешанной с каким-либо другим очень сухим и очень твердым телом, как кирпич, который служит лишь для того, чтоб помешать соли растаять; поэтому очевидно, что частицы ее те же, что первоначально составляли воду, но они смогли подняться в реторте и стать из твердых летучими лишь после того, как под действием огня и взаимных столкновений они из твердых и несгибаемых, какими были, стали легко гнущимися, а из круглых цилиндрических стали плоскими и острыми, подобно листьям ириса или шпажника; иначе они не могли бы согнуться. Дальше, легко понять причину, почему эти частицы имеют вкус, совершенно отличный от вкуса соли; располагаясь на языке в длину и нажимая своими лезвиями на оконечности его нервов, они должны колебать их совершенно по-иному, чем прежде, а следовательно, вызывать другой вкус, именно тот, который называют кислым. Можно было бы таким образом уяснить все свойства этой воды, но это завело бы нас слишком далеко, и будет лучше, если, возвращаясь к рассмотрению паров, мы начнем исследовать, как они движутся в воздухе и как они являются там причиной ветров.

Глава IV

О ВЕТРАХ

Всякое движение воздуха, которое может быть ощущаемо, называется ветром, а всякое невидимое и неощутимое тело называется воздухом. Так, если вода сильно разрежена и превратилась в очень тонкий пар, говорят, что она преобразовалась в воздух, хотя тот распространенный воздух, которым мы дышим, состоит по большей части лишь из частиц,

форма которых очень отлична от формы частиц воды, значительно более подвижных. Точно так же воздух, который выходит из раздувального меха или перемещается при колебаниях веера, называется ветром, хотя те более распространенные ветры, которые господствуют на поверхности моря или суши, представляют обычно не что иное, как движение паров, которые, расширяясь, переходят из занимаемого ими места в другое, где им удобнее расшириться. То же мы видим в шариках, называемых эолипилями, в которых небольшое количество воды, улетучиваясь в виде пара, вызывает ветер достаточно ощутимый и сильный по сравнению с малым количеством материи, его образующей; и поскольку этот искусственный ветер может во многом помочь нам понять, каковы ветры естественные, будет полезно, если я его здесь объясню. Пусть *ABCDE* (рис. 84) — шарик из меди или иного какого-либо вещества, вполне замкнутый и пустой, который имеет лишь очень маленькое отверстие в точке, обозначенной *D*; часть этого шарика *ABC* наполняется водой, а часть *AEC* остается пустой, т. е. содержащей только воздух, и шарик ставится на огонь; тогда, вследствие того, что теплота приводит в движение мелкие частички воды, некоторые из них поднимаются над поверхностью *AC*, где они вытягиваются и сталкиваются друг с другом, вращаясь, и стараются удалиться друг от друга, как было объяснено выше; и так как они могут отдалиться лишь по мере того, как некоторые из них выйдут через отверстие *D*, все силы, которые сталкивают их между собой, согласно направляются на то, чтобы прогнать в это отверстие все те частицы, которые находятся к нему всего ближе; таким образом, возникает ветер, который будет дуть отсюда к *F*. А так как всегда имеются новые частицы этой воды,

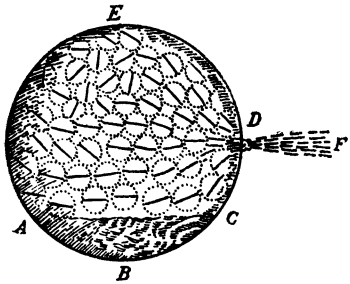


Рис. 84.

которые, будучи подняты действием тепла над поверхностью AC, расширяются и удаляются друг от друга по мере того, как часть их выходит через отверстие D, то этот ветер не прекращается, пока не улетучится вся вода, находившаяся в шарике, или не прекратится действие тепла, заставляющее ее испаряться. И обычные ветры, господствующие в воздухе, образуются приблизительно таким же образом, как сейчас сказано; они различаются принципиально лишь в двух отношениях: первое, что пары, из которых они состоят, поднимаются не только с поверхности воды, как в этом шарике, а также с влажной земли, со снега и с облаков, откуда они исходят в большем изобилии, чем из чистой воды, ибо их частицы в этих ветрах почти все уже разделены и разъединены, а потому их тем более легко выделить в воздух. Второе — то, что эти пары не заключены в воздухе, как в эолипиле; им только препятствует равномерно распространиться во все стороны сопротивление или каких-либо других паров, или каких-либо облаков, или каких-либо гор, или, наконец, какого-либо ветра, который стремится к тому месту, где они находятся; но зато часто имеются в другом месте другие пары, которые, сгущаясь и сжимаясь в то время, как первые расширяются, заставляют их перемещаться в пространство, которое они им уступают [20]. Так, например, вообразим себе, что в данный момент имеются пары в месте, отмеченном в воздухе через F (рис. 85), и они расширяются и стремятся занять пространство гораздо более обширное, чем они занимают, а в то же время имеются другие пары в G, которые, сжимаясь и переходя в воду или в снег, покидают большую часть того пространства, в котором они находились. Нет сомнения в том, что пары, находящиеся в F, устремятся к G и образуют ветер, который будет дуть в этом направлении; особенно, если вы представите себе при этом, что им препятствуют распространиться в A и в B возвышающиеся там горы, а в E они не могут распространиться, так как там воздух сжат и сгущен другим ветром,

дующим из C в D, и наконец, что над ними имеются облака [21], которые не дают им подняться выше к небу. Когда пары переходят таким образом из одного места в другое, они уносят или прогоняют перед собой весь воздух, который имеется на их пути, и все испарения, находящиеся в промежутках; так что, хотя они почти одни являются причиной ветров, но все же не они одни их образуют; и даже, хотя расширение и сгущение этих летучих тел, испарений и этого воздуха

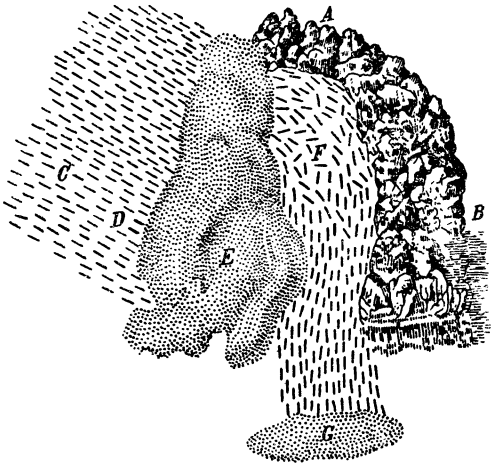


Рис. 85.

могут содействовать возникновению ветров, однако это так мало в сравнении с расширением и сгущением паров, что их можно не принимать во внимание. Действительно, когда воздух расширяется, он занимает лишь примерно вдвое или втрое большее пространство, чем когда он немного сжат; между тем пары занимают пространство более чем в две или три тысячи раз большее, а летучие тела расширяются, т. е. извлекаются из земных тел, лишь под действием очень большого тепла; они почти никогда, даже при большом холоде, не могут затем быть конденсированы в такой же мере, как были первоначально; между тем, чтобы вода расширилась в пар,

нужно лишь очень мало тепла; а чтобы пары вновь превратились в воду, нужно очень немного холода.

Рассмотрим теперь, в частности, свойства и происхождение главнейших ветров. Прежде всего, наблюдения показывают, что весь воздух движется вокруг земли с востока на запад[22]; это нам сейчас придется принять на веру, ибо причину этого можно выяснить должным образом, лишь объяснив всю механику вселенной, что я не намерен здесь делать. Но, кроме того, наблюдения показывают, что восточные ветры обычно гораздо более сухи и делают воздух гораздо более чистым и ясным, чем западные; причина этого в том, что последние, двигаясь в направлении, обратном обычному ходу паров, останавливают их и заставляют сгущаться в облака, тогда как первые прогоняют их и рассеивают. Кроме того, наблюдается, что восточные ветры дуют по преимуществу утром, а западные — вечером, причина чего будет вам очевидна, если вы рассмотрите (рис. 86) землю *ABCD* и солнце *S*, которое, освещая половину земли *ABC* и создавая полдень в *B* и полночь в *D*, садится в то же время для народов, живущих в *A*, и встает для народов, живущих в *C*. Поскольку пары, находящиеся в *B*, сильно расширяются под влиянием дневного тепла, они перемещаются к *D*, частично через *A*, а частично через *C*, и занимают в *D* место, покинутое теми парами, которые сгустились там под влиянием ночной прохлады; таким образом, они дают начало западному ветру в *A*, где солнце садится, и восточному — в *C*, где оно восходит. Нужно еще заметить, что ветер, образующийся в *C*, обычно бывает сильнее и движется быстрее, чем ветер

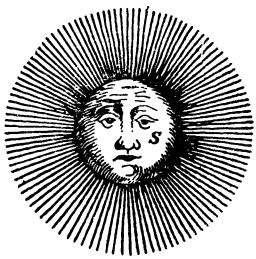


Рис. 86.

в A, отчасти потому, что его направление совпадает с направлением общей массы воздуха, отчасти потому, что та часть земли, которая находится между C и D, остается без солнечного освещения дольше, чем часть, находящаяся между D и A, а вследствие этого конденсация паров должна наступить тем раньше и быть значительнее. Наблюдается также, что северные ветры дуют преимущественно днем, причем они идут сверху вниз и бывают очень сильными, притом и холодными и сухими; причина этого заключается в том, что земля $EBFD$ (рис. 87) покрыта у полюсов E и F множеством облаков и туманов, потому что там ее не согревает солнце, а в B, где солнце светит отвесно, оно вызывает большое количество паров, которые, приходя в сильное движение под действием света, очень быстро поднимаются вверх. Этот подъем прекращается тогда, когда они поднимутся настолько, что вследствие сопротивления, оказываемого их весом, для них станет более легко повернуть и направиться с обеих сторон к I и M над облаками G и K, чем продолжать подниматься вверх по прямой линии. Эти облака в то же время нагреваются и разрежаются солнцем, а потому обращаются в пары, которые направляются из G в H, из K в L, а не к E и F; ибо плотный воздух, находящийся у полюсов, оказывает им большее противодействие, чем пары, исходящие от земли в полдень, так как они находятся в сильном движении и могут перемещаться в любом направлении, вследствие чего могут легко уступить им место. Таким образом, если мы примем F за северный полюс, то движение этих паров из K в L вызывает северный ветер, который дует днем в Европе; и этот ветер дует сверху вниз, ибо идет от облаков к земле, и обычно очень силен, ибо возбуждается самым большим теплом, какое только возможно, именно полуденным, и материей, легче всего превращаемой в пар,

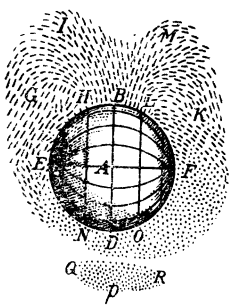


Рис. 87.

именно облаками. Наконец, этот ветер очень холоден и очень сух, с одной стороны, по причине своей силы, как это было сказано выше о сильных ветрах, которые всегда сухи и холодны; с другой стороны, он сух потому, что образуется обычно лишь более крупными частицами пресной воды, смешанной с воздухом, влажность же зависит главным образом от частиц более мелких, а этих последних совсем нет в облаках, где он зарождается. Действительно, как вы увидите далее, они обладают скорее природой льда, чем природой воды. Этот ветер днем холоден потому, что несет с собою к югу очень разреженную материю, находившуюся на севере, от которой главным образом зависит холод.

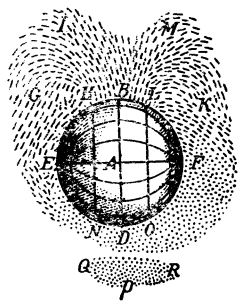


Рис. 88.

Наоборот, южные ветры дуют чаще всего ночью и направлены снизу вверх; и они медленны и влажны: причину этого также можно обнаружить, если посмотреть вновь на землю *EBFD* (рис. 88) и принять во внимание, что часть *D*, находящаяся под экватором, где, по моему предположению, теперь ночь, еще сохраняет достаточно тепла, сообщенного ей солнцем в течение дня, и потому из нее исходит некоторое количество паров. Воздух же, находящийся вверху в *P*, не может удержать такое их количество, ибо обычно более грубые и тяжелые тела дольше удерживают тепло, чем легкие и тонкие, и твердые — дольше, чем жидкие. Вследствие этого пары, находящиеся в *P*, вместо того чтоб продолжать свой путь в *Q* и *R*, останавливаются и сгущаются в виде облаков, которые препятствуют парам, исходящим из земли *D*, подниматься выше, заставляют их перемещаться с обеих сторон к *N* и к *O*, и таким образом создают южный ветер, дующий преимущественно ночью и направленный снизу вверх, именно — от земли в воздух. Этот ветер должен непременно быть очень слабым как потому, что его движение замед-

ляется плотностью ночного воздуха, так и потому, что его вещество, исходя только из земли или из воды, не может расширяться так быстро и в таком большом количестве, как вещество других ветров, исходящее обычно из облаков. Наконец, он тепел и влажен вследствие слабости своего движения; влажен он еще и потому, что состоит как из самых тонких частиц воды, так и из самых крупных, ибо они выходят из земли вместе; а тепел потому, что несет с собою к северу разреженную материю, которая находилась на юге. Можно также наблюдать, что в марте и вообще в течение всей весны ветры бывают суше, а изменения воздуха внезапнее и чаще, чем в любое другое время года. Причину этого мы увидим опять-таки, рассматривая землю *EBFD* и приняв во внимание, что солнце, стоящее против круга *BAD*, изображающего экватор, а три месяца назад стоявшее против круга *HN*, изображающего тропик Козерога, гораздо меньше нагрело ту половину земли *BFD*, где сейчас весна, чем ту половину *BED*, где сейчас осень; вследствие этого половина *BFD* значительно больше покрыта снегом и весь окружающий воздух гораздо плотнее и более наполнен облаками, чем воздух, окружающий другую половину *BED*. Поэтому днем там выделится значительно больше паров, а ночью, наоборот, значительно больше сгустится, ибо масса земли нагревается там менее; а так как сила солнца остается та же, то должна получиться бóльшая разница между дневным теплом и ночным холодом. Таким образом, эти восточные ветры, которые дуют преимущественно утром, и северные, дующие в середине дня, как те, так и другие очень сухи и более часты, чем в любое другое время. Западные ветры, дующие вечером, должны быть здесь достаточно сильны по той же причине, что и восточные, дующие утром, а поэтому, если только правильный ход этих ветров ускорится или замедлится, или изменит направление в силу каких-либо особых причин, которые во всякой стране могут в большей или меньшей мере расширять или сгущать воздух, то они встретятся