

ГАЛИЛЕЙ В ИСТОРИИ ОПТИКИ *)

С. И. Вавилов

1. ОСОБЕННОСТИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГАЛИЛЕЯ

Часто понимают историю науки как последовательное, «одномерное» развитие усложняющегося знания. Эта искусственно стройная схема изолирует науку от живого человеческого общества и личности, от истории в широком смысле и мало похожа на действительность. Она повторяет развернутую во времени внутреннюю логику научной догмы сегодняшнего дня, в этом ее дидактическое оправдание и в этом же ее основной порок. Известно, что последовательность такой логики редко совпадает со сложными зигзагами подлинно происходящего.

Верно то, что в новое время рост науки в основном прогрессивен; печать и совершенство связи дают возможность полно и своевременно опереться на достигнутое знание и не повторять пройденного. Однако и в современных условиях ход науки не одномерен, он обладает «шириной», обнаруживает разветвления, зигзаги и петли. Он определяется не только содержанием и, если так можно выразиться, абсолютной ценностью научных открытий, но в громадной степени и соответствием открытий текущим надобностям современного общества. Можно привести длинный, печальный перечень замечательных научных открытий и в древности, и в последние годы, оставшихся семенами без всхода.

Эту сложность развития научной мысли нельзя никогда терять из виду, в особенности в отношении таких неповторимых фигур в истории естествознания, как Галилей. В искусственно логизированной истории науки с Галилеем связывают этап большой важности, но по значению своему мало отличающийся от того, что отнесено к именам Кеплера, Декарта, Гюйгенса. Между тем, еще при жизни Галилея образ его приобрел ту единственность, которая не сгладилась, а сделалась еще более резкой за три века.

*) Впервые опубликовано в сборнике «Галилео Галилей», М.—Л., Изд-во АН СССР, 1943, стр. 5.

В схематической истории науки место Галилея даже в центральном пункте его деятельности, в развитии и укреплении гелиоцентризма, кажется меньшим, чем Коперника и Кеплера. Физические и астрономические доводы Галилея в пользу подвижности Земли либо не новы, либо ошибочны, либо мало существенны; законы Кеплера ускользнули от его внимания или остались не понятыми им, галилеева теория приливов неверна, его представления о кометах кажутся сейчас архаическими. И вместе с тем, в реальной истории науки очевидно огромное значение Галилея в победе гелиоцентрической системы мира, и его роль ни с кем не сравнима. Живая, полнокровная, художественная аргументация и пропаганда «Диалога», написанного на его родном языке, трагическая борьба с иезуитами и инквизицией, письма-циркуляры, которыми зачитывалась Европа, и, наконец, новая картина галилеева безграничного неба с Солнцем, обращающимся вокруг оси, с гористой Луной, с медийскими лунами Юпитера, с фазами Венеры и с туманом Млечного Пути, распавшимся на отдельные звезды. — победили мир, заставили всех, несмотря на «очевидность» поверить в неподвижное Солнце и в сложное движение Земли. Галилей обладал в изумительной степени даром того, что у нас теперь называют «недрением» научной истины. Истина делалась общим достоянием благодаря ее применению, новым, понятным всем аргументам, вследствие активной борьбы за нее и гениальной диалектики. Значение такого «внедрения» в прогрессе науки поистине колоссально. Между тем, о нем нет и речи в абстрактной, схематической истории.

Научное наследство Галилея в области механики — принцип относительности движения, закон инерции и теория равноускоренного движения — с точки зрения упрощенной истории знания может также казаться бледным в сравнении с делом Ньютона и Гюйгенса. В действительности, «Discorsi» с их широтой, ясным изложением основных механических понятий, поразительным здравым смыслом относятся к «Principia» как корневая система к могучему стволу и зеленой кроне.

В истории оптики до сего времени Галилея в лучшем случае только упоминают в связи с его телескопом и изредка — микроскопом. Эта краткость, однако, лишь новый пример вопиющего несоответствия школьной истории и действительного процесса развития. За все время существования оптики как науки, время, насчитывающее тысячелетия, наибольший стимул к дальнейшему теоретическому и техническому росту она получила именно от Галилея. «Sidereus Nuncius» заставил ученый мир начала XVII в. заняться диоптрическими приборами, шлифовкой и полировкой стекол. За этим делом история застаёт Декарта, Спинозу, Ньютона, королей и принцев, аббатов и монахов, ремесленников, физиков, философов и врачей. На этой почве неслыханно быстро выросла геометрическая оптика преломляющих сред, технология обработки стекла, искусство построения оптических приборов и оптическое производство в широком смысле. С полным основанием один из самых старых оптических заводов в мире, завод во Флоренции, носит название *Officine Galilei*. Вместе с тем из стремления усовершенствовать трубу Галилея выросла вся оптика Ньютона и оптические исследования Эйлера. До Галилея оптика была распространенным, но чисто схоластическим занятием, одной из частей *quadrivium*. С тех пор как труба была повернута Галилеем на звездное небо, она стала основной частью физики и важной технической отраслью. Образ Галилея отделяет античную и средневековую оптику с их архаизмом, схоластикой и замкнутостью от новой, живой и действенной дисциплины.

Вот почему, несмотря на то, что в научном печатном и рукописном наследстве Галилея нет ни одного сочинения, специально посвященного

оптике, обязанность истории восстановить, в возможных пределах, деятельность и мысли Галилея в области учения о свете. Оптика в своем развитии настолько обязана Галилею, что совершенно очевиден долг современных оптиков возможно полнее реконструировать дела и мысли Галилея в области учения о свете. Материал для этого имеется на отдельных страницах сочинений Галилея, в особенности в «Il Saggiatore», в переписке Галилея с его современниками, собранной в достойном всяческого подражания Национальном издании сочинений Галилея *). Все изложенное в нижеследующем есть предварительная и неполная попытка в этом направлении.

2. АНТИЧНЫЕ И СРЕДНЕВЕКОВЫЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКИ ГАЛИЛЕЯ В ОПТИКЕ

Галилея предвляло по меньшей мере двухтысячелетнее существование оптики как науки. Оптический трактат Эвклида написан не позднее чем в III в. до нашей эры. Вместе с тем несомненно, что Эвклид опирался уже на вполне сложившиеся традиции в оптике и, кроме того, на практику и ежедневный опыт. Сохранилось, например, много бесспорных свидетельств древних авторов о средах, собирающих солнечные лучи для зажигания. Таким способом, по-видимому, издревле получали священный «чистый» жертвенный огонь. О таком зажигании еще в V в. до н. э. как о явлении, всем известном, упоминает Аристофан в «Облаках». Плиний сообщает о зажигательном действии стеклянных шаров. Сенека пишет об увеличительном действии такого шара, если через него смотреть на мелкие буквы. Архимеду, Птолемею да и вообще, по-видимому, всем античным физикам был известен факт преломления света. Трюизмом была прямолинейность лучей света и явления отражения. От внимания наблюдательных людей античности, конечно, не ускользали примечательные факты атмосферной оптики, радуга, гало, зори, огромные размеры Солнца и Луны на горизонте и причудливые изменения цветов в природе, до интерференционных красок в тонких пластинах включительно. Однако этим и ограничивался основной запас сведений о свете у античного физика, по крайней мере наиболее древних эпох **).

Стремление к осмысливанию и пониманию явлений, органически свойственное античному философу и физику, конечно, коснулось и света. До нас дошли краткие отрывочные изложения весьма разнообразных домыслов о природе света у древних ***). Их можно распределить на 6—7 больших групп: 1) теорию зрительных лучей, 2) атомистическую теорию Демокрита и Эпикура так называемых отображений и воздушных отпечатков, 3) платонову теорию синаугии, т. е. взаимодействия внутреннего и внешнего света, зрительных и внешних лучей, 4) аристотелеву теорию посредничества прозрачной среды, имеющую некоторые черты, сходные с современными волновыми представлениями, 5) стоическую теорию воздушного напряжения, являющуюся вариантом теории зрительных лучей (в ней предполагалось, что до предметов доходят не сами зрительные

*) G. Galilei, *Le Opere*, Edizione Nazionale, Firenze, 1890—1909, 20 томов. За последние годы сочинения Галилея начали переиздаваться. В дальнейшем Национальное издание цитируется сокращенно как Ed. Naz.

**) T. H. Martin, *Sur des instruments d'optique faussement attribués aux anciens par quelques savants modernes*, Bolletino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche 4, 165 (1871). Подробное изложение этого мемуара см.: A. N. Disney (ed.), *Origin and Development of the Microscope*, 1928.

***) A. E. Haas, *Antike Lichttheorien*, Archiv für Geschichte der Philosophie 13, 345 (1907).

лучи, а только их воздействие на промежуточный воздух), 6) теорию непосредственного психического дальнего действия у неоплатоников.

Этот разнообразный перечень показателен для неустойчивости и неопределенности античной физической теории света. Известные факты были настолько сложны и качественно различны, что мало препятствовали одновременному существованию таких противоречивых воззрений. Только геометрические свойства света могли быть применены для построения вполне конкретной количественной оптики на основе геометрии древних.

Хорошо известно, что в основу античной геометрической оптики, в частности оптики Эвклида, положено учение о зрительных лучах, исходящих из глаза. Это воззрение кажется сейчас курьезным, даже абсурдным и распадающимся при первом же сопоставлении с опытом. На самом же деле теория зрительных лучей вовсе не была столь элементарно неграмотной и наивной, для своего времени можно даже отметить ее прогрессивный характер.

Древним оставалась неизвестной возможность получения действительных изображений при помощи оптических систем. Они знали только изображения в глазу, получаемые непосредственно или посредством зеркал и прозрачных сред. Аристотель имел некоторые знания о строении глаза, глазных средах, зрительном нерве, но не понимал их функций. Получая «мнимое изображение» в зеркале (рис. 1), мы теперь вполне осведомлены, что на самом деле при этом на

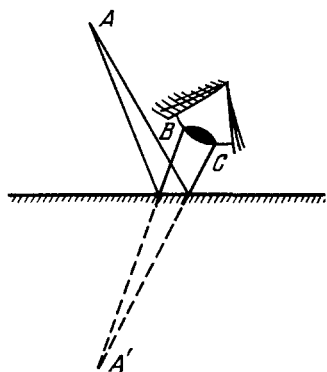


Рис. 1. Схема получения «мнимого изображения».

сетчатке получается самое обыкновенное действительное изображение посредством хрусталика. Эвклид же совсем не знал факта или хотя бы возможности получения объективного изображения, сведения о ходе лучей в глазу прекращались при входе в зрачок BC . Был несомненен ход лучей AB и AC , но никто не знал и не подозревал, что AB и AC пересекутся на сетчатке. Изображение в глазу толковалось на основании единственно оставшегося подобия с осознанием. Как две руки, касаясь предмета, дают возможность его локализовать, так и зрительные лучи, выходящие из глаза и возвращающиеся в глаз по первоначальному пути, дают представление о формах вещей, т. е. создают в мозгу изображение. Можно напомнить, что и в современной физиологической оптике глубинное пространственное восприятие двумя глазами объясняется, по существу дела, не оптически, а посредством механического поворота глазного яблока, вызывающего соответствующую реакцию в мозгу. Нельзя не признать остроумия этого объяснения, позволяющего строить зрительные изображения без каких-либо сведений о происходящем в глазу. Как иначе могли бы поступить греческие оптики, стремясь к количественной теории отражения зеркал? Принимая существование объективных лучей и закон отражения, они сумели бы правильно провести лучи от A до B и C . Но отсюда еще не получалось положение мнимой отраженной точки, определяемое на рисунке при помощи пунктирных линий. Когда мы без колебания проводим такие линии, то, в сущности, тоже применяем представление о зрительных лучах, исходящих из глаза. Но нам известно, что эти мнимые лучи оправданы действительным изображением на сетчатке, чего древние не подозревали. Удобство понятия о зрительных лучах (особенно при отсутствии сведений о ходе лучей внутри глаза), хотя бы как вспомога-

ного, заставляло пользоваться ими в те времена, когда никто уже не сомневался в том, что свет исходит от источника, и не из глаза. В частности, Галилей для решения оптических задач также применял представление о зрительных лучах. Вот почему теория зрительных лучей вовсе не была наивной ошибкой, она явилась гипотезой, позволившей древним построить геометрическую оптику отражательных поверхностей с правильными количественными выводами, несмотря на отсутствие знаний о глазе.

Гипотезы, положенные в основу «Оптики» Эвклида, например: «Фигура, обнимаемая лучами, есть коническая с вершиной в глазу и с основанием на границах видимых вещей; из этих вещей различимы те, до коих доходят лучи; вещи, различимые под большим углом, кажутся большими» и т. д., с изложенной точки зрения вполне понятны и необходимы для построения геометрической оптики. На их основе Эвклид *modo geometrico* развивает катоптрику плоских и сферических зеркал, исходя из закона отражения.

Можно отметить, что если проблема мнимого изображения легко разрешалась в геометрической оптике древних на основании теории зрительных лучей, то вопрос о действительном фокусе вогнутого зеркала, известном древним как место наибольшего зажигательного действия солнечных лучей, собираемых зеркалом, на основе той же теории был трудным и парадоксальным и не всегда верно разрешался.

Античная оптика изменялась и эволюционировала крайне медленно. Трактат Птолемея (II в. н. э.) написан через 4—5 веков после Эвклида. Однако единственной существенно новой чертой этого сочинения служит количественный эксперимент, необычный для античной физики. Птоломей сообщает углы преломления света при переходе из воздуха в воду, из воздуха в стекло, из воды в стекло. Числа Птолемея, как видно из таблицы, удивительно точны для своего времени. За этими цифрами и всем трактатом Птолемея угадывается замечательный образ физика конца античности, соединяющего в себе математические знания, теоретическую широту и искусство количественного опыта.

Угол падения	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Истинный угол преломления . .	8°	15,5°	22,5°	28°	35°	40,5°	45°	50°
Угол преломления по Птолемею	7,5°	15°	22°	29°	35°	40,5°	45°	47,5°

Но за веками античного расцвета последовала многовековая «зона молчания», время, когда наука, оптика в том числе, в лучшем случае остановилась; благородная роль хранителей древней науки выпала на долю арабов. Несомненно, впрочем, что наряду с такой консервацией шел медленный процесс изменения и роста. Самым симптоматичным при этом было постепенное радикальное изменение теоретической основы. Идея зрительных лучей начинает сменяться представлением о внешнем излучении. Не известны точно причины такой перемены, но позволительно думать, что основное значение при этом имели анатомические сведения о строении и функциях глаза, полученные арабскими врачами. Арабская оптика нашла наиболее полное выражение в знаменитом трактате Ибн-аль-Хайтама, или Альгацена (965—1039). Оптика не была главной специальностью Альгацена, в его жизнеописании *) перечисляется 25 трудов по

*) E. W i e d e m a n n, Ibn al-Haitam, ein arabischer Gelehrter («Festschrift für J. Rosenthal» 149, 1906, Leipzig); A. N. D i s n e y, loc. cit.

математическим наукам и 44 по физике (в аристотелевом смысле) и по метафизике. Поэтому можно предполагать, что «Opticae Thesaurus» Альгацена мало индивидуален и скорее, вероятно, является только сводкой знаний X в.

Трактат Альгацена разделен на семь книг, из них первые три посвящены вопросу о глазе и зрении. Альгацен впервые в истории оптики дает анатомическое описание глаза, и для него совершенно бесспорно, что зрение вызывается внешними лучами, приходящими в глаз от предметов, причем он предполагает, что изображение формируется внутри хрусталика прежде, чем достигнет оптического нерва. В связи с резкой переменной исходных теоретических позиций большое значение у Альгацена получает вопрос о действительном изображении от зеркал и преломляющих сред. Последняя книга трактата, разбирающая вопросы преломления, особенно конкретна и нова; она содержит задачи, касающиеся преломления в прозрачных сферах. Правда, здесь можно говорить скорее о постановке задач, чем об их решении; практически наиболее важная проблема о действии прозрачного тела, ограниченного двумя поверхностями, не решается вовсе.

От эпохи составления «Opticae Thesaurus» нужно отсчитывать снова около половины тысячелетия, прежде чем встретится что-нибудь не только новое, но и важное в оптической науке. Правда, несомненное оживление оптики можно отметить в XIII в. на основании сохранившихся литературных памятников. Об этом свидетельствуют в особенности трактаты англичан Роджера Бэкона (1214—1294), Джона Пекхэма (1228—1291) и тюрингенского поляка Вителло.

В оптических частях эти книги в основном пересказывают Эвклида, Птолемея и Альгацена, иногда дословно, иногда с вариациями. По примеру Платона и в отличие от Альгацена, Бэкон пытается синтезировать зрительные лучи Эвклида и внешний свет Альгацена; много места посвящает он задачам о преломлении в линзах и зеркалах, однако без существенного прогресса. Можно отметить только полную ясность в отношении положения фокуса зажигательного вогнутого зеркала. Бэкон устанавливает неопределенность фокуса для глубокого сферического отражателя и его однозначность для параболического зеркала. В трилогии, написанной Бэконом по просьбе папы Клементя IV («Opus majus», «Opus minus» и «Opus tertium»), много страниц занято оптическими темами, причем встречаются места, по которым можно предположить, что Бэкону были известны некоторые формы телескопа, микроскопа и камера-обскура. Однако такие строки на самом деле, вероятно, выражают только догадки и научные фантазии, которых не чуждался увлекающийся Doctor Mirabilis, сообщавший читателю вместе с оптическими теоремами, например, сведения о летающих драконах и их пещерах.

Действительным бесспорным достижением XIII в. явилось изобретение очков в Италии и постепенное распространение их. О появлении очков в Италии в конце XIII в. сохранилось несколько вполне ясных свидетельств. Обилие документальных данных показывает, что изобретение привилось и обратило на себя внимание. Замечательно и вместе с тем очень печально, что ученые оптики XIII в., много писавшие о преломляющих средах, по-видимому, не причастны к изобретению очков. Надгробная плита в церкви «Санта Мария Маджоре» во Флоренции приписывает это изобретение флорентийцу Сальвино дельи Арматти, умершему в 1317 г., но есть определенные указания на существование очков еще в половине XIII в. Правдоподобно предположить, что как положительные, так и отрицательные очковые стекла были изобретены в процессе работы итальянскими стекольными мастерами, известными во всем мире своим искусством шлифования и полировки. Обработка бесцвет-

ного и цветного стекла на сферу, выпуклую и вогнутую, в различных художественных изделиях была не редкостью. Проверая качество работы, мастер неизбежно подносил изделие к глазу. При таких условиях, достаточной сметке и наблюдательности изобретение очковых линз в стекольных мастерских становилось вполне естественным. Дальнейшее, уже сознательное изобретательство выразилось в соединении двух линз в очки.

Ученые оптики XIII в.— Бэкон, Вителло, Пекхэм — не только не помогли изобретению очков, но они просто не знали об их существовании. Между тем, дело шло не о мелочи, а о самом замечательном результате оптики за многие века ее существования не только в практическом смысле, но и в отношении теоретических перспектив. Если бы стал известен подлинный изобретатель очков, имя его, несомненно, занимало бы одно из самых почетных мест в истории науки о свете. Безымянность изобретения, к сожалению, определила и забвение самого факта изобретения. Многим ли, за исключением оптиков и врачей-окулистов, известна эпоха создания очков и их значение в истории оптики? История логической схемы вместо живого процесса, точно так же, как история ученых вместо истории науки, попадают в трудное положение при вопросе об изобретении очков.

3. ИТАЛЬЯНСКИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКИ ГАЛИЛЕЯ В XVI в.

Очки, несмотря на всю их удивительность для человека XIV и XV вв. и практическую важность, не сделались основой дальнейшего развития оптики. Книги Альгацена, Вителло, Бэкона мирно покоились в монастырских и университетских библиотеках, в университетах читались оптические курсы как часть *quadripartitum*, именитые люди исправляли свое зрение в старости очками, но оптическая наука в XIV и XV вв., если не говорить о перспективе, имевшей значение только для художников, стояла на месте. Только на грани XVI в. наблюдается, наконец, резкий сдвиг в лице гениального Леонардо да Винчи (1452—1519).

Сохранилось большое количество записей и рисунков Леонардо по вопросам оптики, зрения, анатомии глаза. Его можно с полным основанием считать ученым-оптиком, знавшим основные оптические трактаты своего времени, изумительным наблюдателем и экспериментатором. До известной степени даже живописные творения Леонардо могут рассматриваться как выражение его оптических представлений и знаний. Нам известно несколько попыток анализа оптики Леонардо, но все они не дают истинного представления о том громадном месте, которое занимала в его жизни и творчестве эта наука. Некоторые такие попытки являются просто случайным собранием сырого материала *), в других господствует тенденция доказать, что чуть ли не каждая мысль Леонардо чужая и где-то заимствована **); есть и иные попытки связать с именем Леонардо почти все основное содержание оптики до него и после него ***).

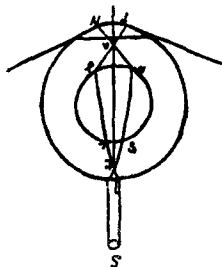
Материал, собранный в этих сочинениях, очень ценен, но выводы во многих случаях нуждаются в пересмотре. В курсах истории оптики Леонардо почти не упоминают. Причина кроется снова в том же: он не помещается в логизированную схему развития науки. Леонардо или необычайно обгоняет свою эпоху, или отстает, или идет стороной, и, что является самым трудным, почти невозможно доказать его влияние на дальнейший рост науки.

*) Например, E. M a s C u r d y, *The Notebooks of Leonardo da Vinci*, vol. I, 1938.

***) O. W e r n e r, *Zur Physik Leonardo da Vincis* (Эрлангенская диссертация), 1909.

***) D o m e n i c o A r g e n t i e r i, *L'optica di Leonardo* (сборник L. da Vinci, Edizione curata della mostra di L. da Vinci in Milano, 1939, стр. 405).

Свет для Леонардо — явление безусловно внешнее. Зрение начинается с изображения на дне глаза, подобно тому как это происходит в camera obscura. Камера и глаз — предметы многочисленных размышлений и опытов Леонардо. Леонардо анатомически изучает глаз, строит его модель, но мертвый препарат с хрусталиком, свертывающимся почти в шарик при обработке, не дает возможности понять действительный ход лучей. Правильному решению задачи особенно мешает обратное изображение предмета, получаемое



Handwritten text in Italian script below the diagram.

Large block of handwritten text in Italian script, likely a manuscript page or notes related to the diagram.

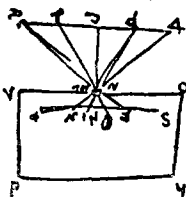
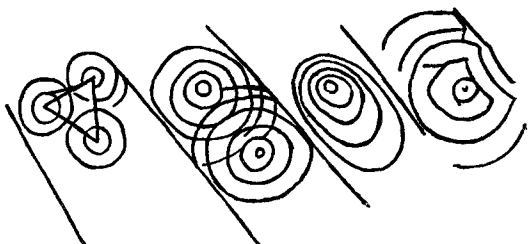
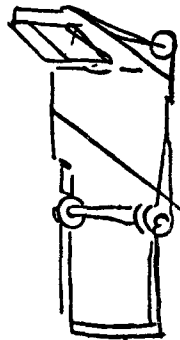
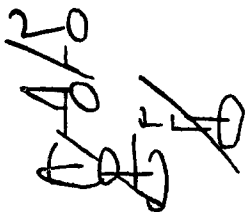


Рис. 2. Из манускриптов Леонардо да Винчи. Ход лучей в камере-обскуре и в глазу по Леонардо.



Handwritten text in Italian script below the wave diagram.

Рис. 3. Сложение и искажение волн в движущемся потоке по Леонардо.

в камере. Ошибочно предполагая, что в глазу изображение должно быть прямым, Леонардо заставляет лучи внутри глаза дважды пересекаться (ср. рис. 2).

На основании некоторых замечаний и рисунков в манускриптах Леонардо высказывалось предположение о волновых воззрениях его на природу света. Едва ли это верно. Леонардо действительно знал из наблюдений и опытов с жидкостями свойства и особенности волнового движения много яснее и конкретнее, чем все его современники и даже физики XVII и начала XVIII в. (включая Гука и Гюйгенса). Обратил он внима-

ние на сложение колебаний при встрече волн от двух источников, заметил и вполне правильно описал изменение формы волны от брошенного камня в движущемся водном потоке, т. е. на один шаг находился от открытия явления Дошплера (рис. 3). Леонардо знал некоторые дифракционные явления, применил представление о волнах к распространению звука и т. д. С современной точки зрения переход отсюда к волновой теории света очень вероятен, но никаких определенных указаний на это в рукописях Леонардо нет. Следует вообще подчеркнуть особенность научного

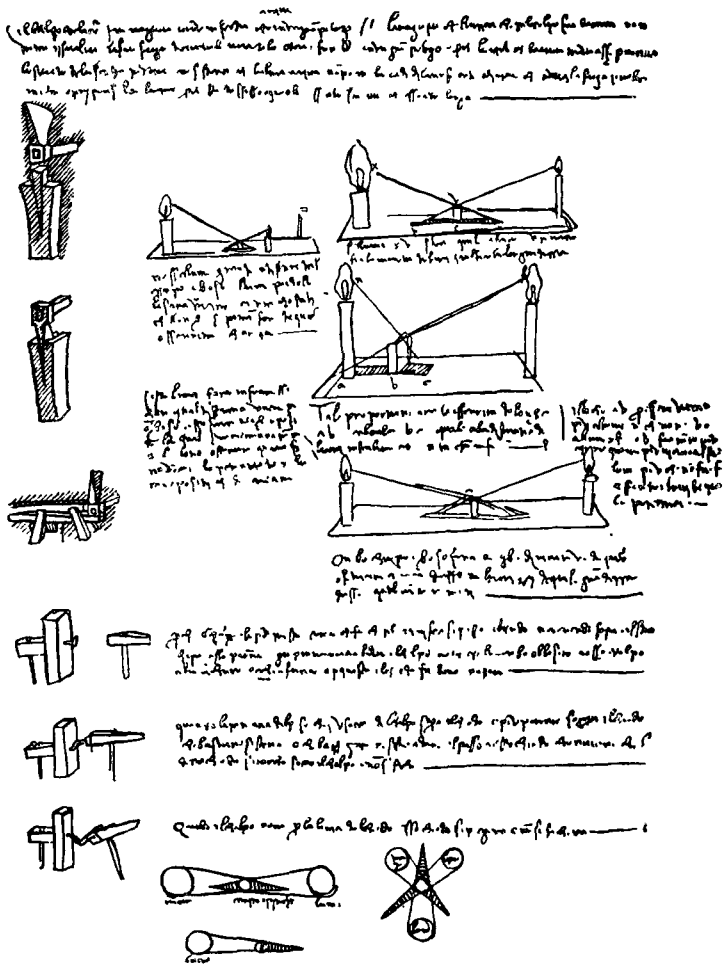
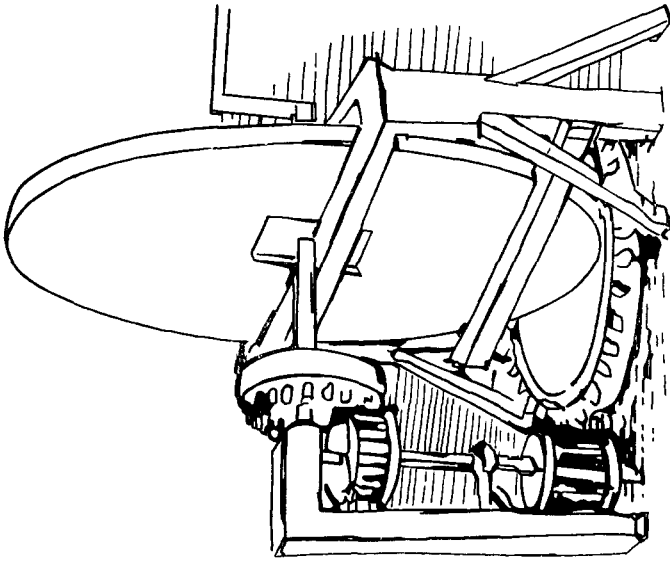


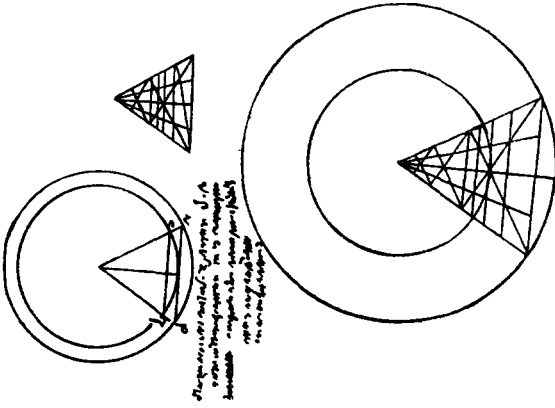
Рис. 4. Фотометрические записи и рисунки Леонардо.

генция Леонардо. Он был изумительным наблюдателем по точности, вниманию и умению заметить существенное, мастером количественного эксперимента, но лишен дара абстракции, необходимой теоретик. Абстракция заменялась конкретным художественным восприятием; вместо обобщений и отвлеченности у Леонардо господствует аналогия и метафора. Поэтому наиболее ценное в его научном наследстве — это наблюдения и опыт. Его заметки по атмосферной и физиологической оптике до сих пор представляют немалый непосредственный, а не только исторический интерес. С другой стороны, Леонардо — бесспорный зачинатель фотометрии как точной измерительной науки. Его рисунки и пояснения



macchina per l'abrassare
 i specchi concavi

Рис. 5. Станок для шлифовки вогнутых зеркал Леонардо.



Questo specchio
 è fatto in
 modo che
 tutti i raggi
 che vengono
 riflessi
 in esso
 convergono
 in un punto
 che si chiama
 fuoco



Questo è uno specchio
 che fa vedere
 le cose
 come se
 fossero
 molto
 vicine
 a chi
 guarda
 con
 esso

Рис. 6. Однолинзовый телескоп Леонардо

к ним (рис. 4) не оставляют никакого сомнения в том, что Леонардо экспериментировал с фотометрической установкой типа Румфорда.

Зеркала и линзы, конечно, стали предметом напряженного внимания художника. В рукописях его немало чертежей, на которых графически определяются каустические кривые, дается экспериментальный метод определения аберрации, напоминающий некоторые формы современных абберметров. Леонардо строит или по крайней мере рисует станки для шлифовки вогнутых зеркал (рис. 5) и разбирает производство очковых линз. Несомненно, что Леонардо не только мечтал о телескопических устройствах, но действительно их осуществлял. В кодексе А (лист 12) находятся следующие строки, поясненные рисунком (ср. рис. 6): «Чем дальше отодвигаешь ты стекло от глаза, тем большими покажет оно предметы для глаз 50 лет; если глаза для сравнения глядят один через очковое стекло, другой вне его, то для одного предмет покажется большим, а для другого малым; но для этого видимые вещи должны быть удалены от глаза на 200 футов». Леонардо передает здесь не всем известное, но крайне просто повторяемое наблюдение о значительных увеличениях, достигаемых при рассматривании простым глазом действительного изображения удаленного предмета от выпуклой линзы, если фокусное расстояние линзы больше, чем расстояние наилучшего зрения. Донжон и Куде *) указывают, что с линзой с фокусным расстоянием в 12 метров нормальный наблюдатель получит пятидесятикратное увеличение, а близорукий еще большее. Курьезно читать в превосходной книге этих авторов строки, свидетельствующие о том, насколько даже в наше время мало известно все сделанное Леонардо: «Если бы, — пишут они, — применение такой простой установки предвляло трубу с двумя линзами, то автор ее заслуживал бы названия предшественника, на самом деле этого не случилось». Приведенная нами запись Леонардо со всей очевидностью свидетельствует, что на самом деле «это случилось».

Недавно Д. Арджентьери **) опубликовал доказательства того, что двухлинзовая система трубы Галилея также была осуществлена Леонардо. В кодексе F, лист 25 (рис. 7) в середине страницы набросана прямоугольная рама на подставке. Внутри рамы находится надпись: «Ochiale di cristallo grosso da'lati un'oncia d'un oncia» (Очковое стекло по бокам толщиной один дюйм от дюйма, т. е. $\frac{1}{12} \cdot \frac{1}{12} = \frac{1}{144}$ фута). Далее написано в пояснении: «Questo ochiale di cristallo debbe essere netto di machie e molto chiaro e da'lati debbe essere grosso un'oncia d'un oncia civè $\frac{1}{144}$ di braccio e sia sottile in mezo» (Это очковое стекло должно не иметь пятен и быть очень ясным, с краев оно должно быть толщиной один дюйм от дюйма, т. е. $\frac{1}{144}$ фута, и в середине тонким). Несомненно, что дело идет о вогнутой, отрицательной линзе. Из текста далее следует, что Леонардо описывает увеличивающую оптическую систему; он пишет: «la lettera comune in instan parrà di scatola da spetiali» (обычная печатная буква будет видна, как буква на аптекарской коробке). С отрицательной линзой увеличения получить нельзя, следовательно, рассуждают Арджентьери, в системе должна быть еще положительная линза. Леонардо пишет далее, что «per fuori» (снаружи, т. е. для наблюдения вдаль) система должна иметь длину в $\frac{1}{8}$ фута, но «bono da tenere in isctitioio» (удобной для письменного стола, т. е. для наблюдения близких предметов) она будет при длине в $\frac{1}{4}$ фута. Если толкование слов Леонардо правильно, то отмеченные особенности совпадают со свойствами галилеевой трубы. По мнению Ард-

*) A. Donjon et A. Couder, Lunettes et télescopes, 1935, стр. 1 и 581.

**) D. Argenterii, loc. cit.

жентьеры, рисунок справа на листке 25 кодекса F (ср. рис. 7) изображает свинцовую форму (salotta) для шлифовки как выпуклой, так и вогнутой линзы, рамка же есть изображение трубы, по концам которой должны находиться выпуклая и вогнутая линзы. На основании различных соображений Арджентьеры полностью реконструировал эту трубу Леонардо, причем реконструкция демонстрировалась на винчанской выставке в Милане в 1939 г.

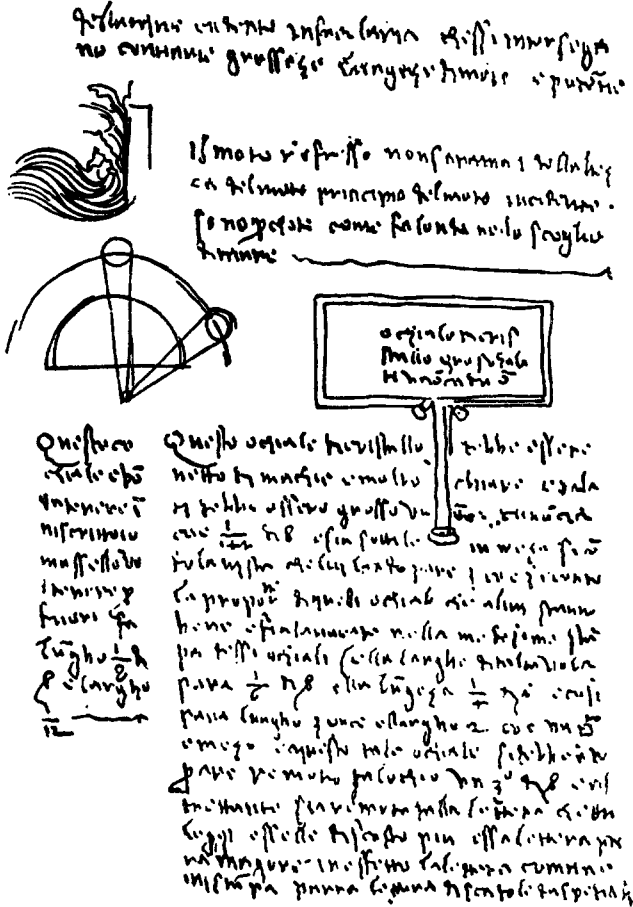


Рис. 7. Страница из кодекса F, лист 25, с описанием телескопа Леонардо (по Арджентьеры). Репродукция сделана через зеркало.

Трудно возразить против этих доказательств, и потому есть основания причислить Леонардо к списку прямых предшественников Галилея. Положительные и отрицательные линзы, конечно, находились в распоряжении Леонардо, и мало удивительно, что этот беспокойный, разносторонний экспериментатор и наблюдатель нашел случайно галилееву схему в 1508—1509 гг., т. е. за 100 лет до Галилея.

Однако все оптические открытия, мысли, опыты и наблюдения Леонардо, перемешанные с выписками из прочитанных книг, никогда не были им самим собраны в целое; не сделали этого и историки. Оптические записи Леонардо остались, насколько мы знаем, без влияния на развитие науки о свете. Примерно такова же судьба оптических изысканий другого

примечательного оптика XVI в., аббата Франческо Мавролико (1494—1575). Мысли Мавролико, собранные в его сочинении с шутивным названием «*Photismi de Lumine*» *), написанным в 1567 г., были впервые изданы только в 1611 г., вскоре после астрономических открытий Галилея, причем издатель К. Клавиус в предисловии указывает, что поводом к публикации книги послужило как раз «новое и удивительное открытие оптической трубы, возбуждившей великие ожидания во всех умах». Трактат Мавролико, написанный в сжатой и отчетливой форме, отличается от работ предшественников исключительной ясностью, простотой и научной откровенностью. В вводной части его приводится ряд фотометрических теорем, которые можно рассматривать как первый опыт теоретической фотометрии. Далее следуют катоптрические теоремы, охватывающие плоские и сферические зеркала. Вторая часть книги разбирает задачи преломления на плоских поверхностях и в сферах, теорию радуги, глаза и очков как положительных, так и отрицательных. Существенно новое содержится на страницах, посвященных фотометрическим законам, глазу и очкам. Мавролико был, по-видимому, первым, правильно понявшим действие очков, несмотря на то, что и он не мог правильно изобразить ход лучей в линзе и в глазу и не знал закона преломления. Об этом он откровенно пишет: «В среде, ограниченной выпуклой поверхностью, составляющей часть меньшей сферы, преломленные лучи сходятся быстрее, т. е. на более коротком пространстве; с другой стороны, в прозрачной среде, ограниченной вогнутыми поверхностями от меньших сфер, преломленные лучи больше расходятся. Это и все, что коротко я могу сказать». Мавролико завершает свою книгу 24 «проблемами», напоминающими знаменитые «Вопросы», кончающие «Оптику» Ньютона. Среди этих «проблем» второй стоит такая: «Почему оптическая теория столь трудна? Не потому ли, что она требует как физических, так и математических доводов, а потому является тем, что называют смешанной наукой [*mixta scientia*]?».

Трактат Мавролико по характеру своему полная противоположность беспорядочности и импрессионизму записей Леонардо. Вероятно, при своевременном создании «*Photismi*» имели бы большое дидактическое значение и много помогли бы развитию оптики. В действительности они увидели свет после великого перелома, вызванного Галилеем, и только некоторая часть их сохранила свое значение и позднее (в особенности фотометрические страницы).

Третья замечательная фигура среди итальянских предшественников Галилея в XVI в. в области оптики — неаполитанец Джованн Баттиста де ла Порта (1535—1615). Сфера его деятельности необычайна по разнообразию: алхимик, всю жизнь занятый поисками философского камня, хиромант, предсказатель, поэт, написавший около 13 трагедий и комедий, математик, пытавшийся разрешить квадратуру круга, и вместе с тем искусный физик-экспериментатор, в особенности оптик — один из наиболее выдающихся академиков *dei Lincei* **). Оптические взгляды и изобретения де ла Порта изложены им в первом и втором издании его очень популярной в свое время «*Magia Naturalis sive de Miraculis rerum*» (1558 и 1589 гг.) и «*De refractione optices*» (1593). «*Magia Naturalis*» носит такое название не только в фигуральном смысле, автору переход от «естественной магии» к сверхъестественной кажется мыслимым и возможным. Поэтому оптические эксперименты, описываемые де ла Порта, излагаются

*) Ср. английский перевод: «*The Photismi de Lumine of Maurolycus*» translated by H. Crew, 1940. Цитаты приводятся по этому переводу.

**) Ср. F. Fiorentino, *Gióvan Battista de la Porta (Studi e ritratti)*; так же A. N. Disney, loc. cit.

также как нечто чудесное. Такова «великая тайна природы» камеры-обскуры (с линзой в отверстии, в отличие от камеры Леонардо), способ получения изображения при скрытом зеркале и т. д.

В главе о преломлении есть некоторые указания на комбинированное действие выпуклой и вогнутой линзы, очень неясные, в которых можно, однако, предполагать систему, похожую на галилееву. 27 июня 1586 г. де ла Порта писал кардиналу д'Эсте: «Я привезу книгу, которую начал больше тридцати лет назад, «*Magnalia naturae*». В ней я изложил все тайны, избранные и испытанные всеми науками, т. е. вещи наиболее тонкие, над коими трудится вся наука: как в оптике сделать зеркало, сжигающее на расстоянии в милю; как сделать другое зеркало, коим можно сноситься с другом на тысячу миль расстояния посредством луны ночью; как делать очки, изображающие человека, удаленного на несколько тысяч миль, и другие удивительные вещи». Трудно отличить истину от фантазии у увлекающегося автора письма, если и говорящего о фактах, то в необычайно преувеличенном виде.

«*De refractione*», в отличие от «*Magia Naturalis*», написана в спокойном научном стиле и отличается ясностью и сжатостью. Она не содержит, впрочем, чего-либо большого и принципиально нового по сравнению с предшественниками. В предисловии к восьмой книге де ла Порта утверждает, что ему удавалось видеть на громадном расстоянии мельчайшие предметы; однако за сообщением не следует доказательств и пояснений.

После получения известия о трубе Галилея, 28 августа 1609 г. де ла Порта писал в Академию деи Линчеи в Рим князю Федерико Чези *): «... Я знаю секрет зрительной трубы, это пустяк [*coglionaria*], взятый из 9-й книги моей «*De refractione*» **), и уверяю Вас, что если Ваше Сиятельство захотите ее сделать, то получите чистое удовлетворение. Это труба из посеребренного олова [*di stango d'argento*] длиной в локоть [*palmo*] ad, диаметром в три дюйма, в ее начале *a* находится выпуклое очковое стекло; имеется другая труба в 4 дюйма длиной, входящая в первую с закрепленным вогнутым стеклом на конце *b*, как у первой трубы. Если смотреть только через первую трубу, то можно видеть вещи далекие и близкие, но так как зрение происходит не прямо (*non sifanel catheto*), то предметы кажутся темными и неотчетливыми. Если же поместить внутрь другую трубу с вогнутым стеклом, вызывающим противоположное действие, то предметы видны ясными и прямыми. При этом вторая труба должна входить в первую, как в тромбоне, для установок по глазу смотрящего». Письмо сопровождалось рисунком. Предполагается, что де ла Порта не знал еще достоверно устройство галилеевой трубы в момент составления письма к Чези, и поэтому вполне ясное описание инструмента 28 августа 1609 г. показывает, что де ла Порта действительно был одним из независимых изобретателей зрительной трубы с вогнутым окуляром. Это правдоподобно, если принять во внимание экспериментаторскую ловкость де ла Порта и его намеки в «*Magia*» и в «*De refractione*»; с юридической приоритетной стороны, конечно, письмо *post factum* не имеет доказательной силы. Во всяком случае, Академия деи Линчеи, в которой де ла Порта был одной из наиболее выдающихся фигур, приняла его первенство, и генеральный секретарь Академии, Джованни Фабро (Иоганн Фабер из Бамберга) в таких стихах, довольно бестактно помещенных в первом академическом издании «*Il Saggiatore*», воспел де ла Порта***):»

*) Ed. Naz., vol. X, стр. 252.

**) Редактор Ed. Naz. указывает, что ни в 9-й книге, ни в 8-й «*De refractione*» нет ничего, что описывается дальше в письме де ла Порта.

***) Ed. Naz., vol. VI, стр. 210.

Porta tenet primas, habes Germane secundas
Sunt, Galilae, tuus tertia regna labor.
Sidera sed quantum terris coelestia distant
Ante alios tantum tu, Galilae, nites.

(Порта был первым, германец [мастер из Миддельбурга] вторым, а твоя царственная работа, Галилей, была третьей. Но ты, Галилей, первый среди прочих исследовал, как далеко находятся звезды от Земли).

Де ла Порта собирался опубликовать книгу о телескопе, которая должна была бы, как он думал, исправить многочисленные ошибки; летом 1612 г. он писал тому же Чези: «Все книги о телескопе, которые Вы мне прислали, неживые, содержат ошибки, так как авторы не знают оптики. Как только у меня освободятся руки от трагедии об Улиссе, которую я сочиняю для одного синьора, я перейду к этому, напечатаю со многими прекраснейшими экспериментами и издам в книге, которая, увидь она свет раньше, не позволила бы написать столько нелепостей» *). Книга, однако, никогда не была издана, известно только, что последние дни жизни де ла Порта работал над нею. По словам очевидца, де ла Порта жаловался, что книга о телескопе его убивает, ибо это самое трудное и темное изо всего, что он начинал. Знания и открытия Леонардо, Мавролико и де ла Порта дают представление только о самых верхах оптики XVI в. Многие из того, что они знали, не доходило и никогда не дошло до более широких кругов профессионалов и осталось бездейственным для развития науки. Но некоторые новые результаты своевременно сделались достоянием научной мысли и глубоко вошли в сознание.

Прежде всего, большое значение получила камера-обскура, стоявшая в центре интересов Леонардо, Мавролико и де ла Порта. С помощью этого общедоступного прибора все поняли, наконец, что такое действительное оптическое изображение предметов, и убедились в его существовании. До камеры изображения знали только в глазу и на картинах, создаваемых рукой человека. Камера решительно отделила свет от зрения, в этом ее историческая теоретико-познавательная роль. Со времени изобретения камеры вопрос о структуре глаза, занимавший до этих пор главное место в оптике, превратился в вопрос специальный, в основном физиологический и медицинский. В XVI в., строго говоря, оптика (в точном значении слова — наука о зрении) перестала быть таковой и превратилась в учение о свете.

Катоптрика, учение об отражении, за это время изменилась мало, сделавшись типично школьной дисциплиной. Она лишь немногими нитями связывалась с физикой, а в основном оставалась поприщем для чисто геометрических упражнений. Единственной задачей катоптрики, вызывавшей живой интерес, оставались зажигательные зеркала; над ними с усердием трудились и Леонардо, и де ла Порта в тщетной надежде реализовать античные и средневековые легенды, связанные с именем Архимеда.

Диоптрика (преломляющие стекла) была новостью и чрезвычайно интересовала оптиков XVI в. Приходится, однако, поражаться бедности итогов: ряд качественных теорем, безрезультатные попытки разобраться в очень сложном случае изображения от целой сферы и полное неумение решать задачи для практически наиболее важного случая сферических линз. Предсмертная жалоба де ла Порта на крайнюю трудность и темноту задачи о телескопе в этом отношении показательна. Обычно объясняют такое положение дела незнанием закона преломления в XVI в. Но ведь современный школьник в младших классах количественно решает задачи на построение изображений в системах с линзами, не пользуясь

*) F. Fiorentino, op. cit, стр. 279.

законом преломления, а заменяя его простой пропорциональностью для малых углов падения и преломления! Весь секрет заключается в р а ц и о н а л ь н о м о г р а н и ч е н и и з а д а ч и тем, что мы теперь называем параксиальными лучами и гауссовой областью. Оптики XVI в., подобно Альгацену и Бэкону, пытались решать общий случай о диоптрическом действии сферы и должны были отступить перед действительными громадными трудностями задачи. Только Кеплеру после открытий Галилея удалось, наконец, преодолеть этот гипноз общности задачи о сфере и построить на основе приближенного закона преломления, практически справедливого для малых углов, первую количественную диоптрику для системы тонких сферических линз. Мы встречаемся здесь снова с причудливым зигзагом реальной истории науки, опровергающим искусственную схему.

До Кеплера диоптрика, гипнотизированная общей задачей о преломлении сферы, могла успешно развиваться только эмпирическим путем, что в действительности и происходило, как мы видели.

В связи с пресловутыми спорами о приоритете изобретения телескопа, не прекращающимися и теперь, было обнаружено много интересного материала, характеризующего состояние диоптрики в XVI в. не в высоких ученых сферах, а среди ремесленников, монахов и любителей, в руки которых с рынка попадали очковые выпуклые и вогнутые стекла. Эти люди также экспериментировали, иногда с успехом.

В комментариях к «Метеорам» Аристотеля*), изданных в 1646 г. в Риме, математик Николаус Кабеус рассказывает, например, что знал в Модене старика иезуита священника, который лет за двадцать до открытия Галилея пользовался такой же оптической системой для чтения «часов» во время церковной службы. К глазу он прижимал вогнутую линзу, а выпуклую держал другой рукой. Так он мог читать самую мелкую печать, находящуюся на другом конце кельи. Монах оптикой не занимался, не интересовался причинами такого улучшения зрения, нашел систему случайно, комбинируя очки, и не считал ее важным делом.

По словам сына одного из «изобретателей» телескопа, его отец З. Янсен (1588—1632) сделал первый телескоп в 1604 г. по модели некоего итальянца, на которой было написано «anno 1590». Обычно считают, что эта «модель» была труба де ла Порта. Это сомнительно, так как сам де ла Порта никогда не указывал на изготовление модели, да еще попавшей в чужие руки. Но во всяком случае какой-то итальянец в 1590 г. построил трубу, и она начала ходить по рукам как секрет, который прежде всего хотели продать за хорошие деньги для военных надобностей. История так называемого «изобретения» телескопа**) является поэтому путанным клубком различных темных махинаций, не столько оптиков, сколько дельцов и жуликов (известно, например, что З. Янсен обвинялся как фальшивомонетчик). Такая история имеет мало отношения к оптике вообще и к оптике Галилея в частности. Существенно только, что в начале XVII в. для военных и государственных людей (например, окружения Генриха IV) стало постепенно выясняться значение оптических труб для мореплавания и военного дела.

4. PERSPICILLUM ГАЛИЛЕЯ

Галилею было 45 лет, когда он построил оптическую трубу, и внимание его направлялось на оптику. Несмотря на большое разнообразие знаний и интересов, мысль Галилея до 1609 г. устремлялась преимуще-

*) A. N. Disney, op. cit., стр. 123. Также Gasparis Schotti, *Magia universalis naturae et artes*, 1658, стр. 42.

**) Ср. A. Donjon et A. Couder, op. cit., стр. 583—614; L. Bell, *The Telescope*, стр. 1—9, 1922; R. S. Clay, *The History of the Microscope*, 1932, стр. 6—8.

ственно в сферу механики, инженерного дела и астрономии; насколько известно, он не соприкасался ни разу с оптикой *) (если не говорить о вопросах живописи, связанных с оптикой). Но уже в 1610 г. в письме к министру флорентийского герцога Винта **) он сообщает, что им, между прочим, готовятся трактаты по оптике и по учению о цветах. Такие трактаты никогда не были опубликованы и, вероятно, не были написаны, в письме говорилось о проектах. Но несомненно, что в это время Галилей уже много раз думал о свете, наблюдал и экспериментировал. В дальнейшем мы познакомимся с этими мыслями и опытами, но прежде всего восстановим историю построения Галилеем его трубы ***) на основании двух его рассказов в «Sidereus Nuncius» в 1610 г. и в «Il Saggiatore» в 1623 г. Эти рассказы дополняют друг друга и дают полную, правдивую историю дела, подтверждаемую сторонними документами.

В «Sidereus Nuncius» Галилей пишет ****): «Месяцев десять тому назад дошел до наших ушей слух, что некий бельгиец построил переспективу, при помощи коей видимые предметы, далеко расположенные от глаз, становятся отчетливо различимыми, как будто бы они были близкими. Сообщалось об опытах с этим удивительным прибором; одни их подтверждали, другие отрицали. Несколько дней спустя это было подтверждено мне в письме французским дворянином Джакомо Бальдоверо *****) из Парижа. Это и было причиной, по которой я обратился к изысканию оснований и сред для изобретения сходного органа. Вскоре после сего, опираясь на учение о преломлениях, я постиг дело и сначала изготовил свинцовую трубу, на концах коей я поместил два очковых стекла [perspicilla], оба плоских с одной стороны, с другой стороны одно стекло было выпукло-сферическим, другое же вогнутым. Помещая за сим глаз у вогнутого стекла, я видел предметы достаточно большими и близкими, именно они казались в три раза ближе и в десять раз больше, чем при рассматривании естественным глазом. После сего я разработал более точную трубу, которая представляла предметы увеличенными больше чем в шестьдесят раз. За сим, не жалея никакого труда и никаких средств, я достиг того, что построил себе орган, настолько превосходный, что вещи казались через него при взгляде почти в тысячу раз крупнее и более чем в тридцать раз приближенными, чем при рассматривании с помощью естественных способностей. Совсем излишне было бы перечисление того, насколько удобны такие инструменты как на суше, так и на море. Но оставив дела земные, я обратился к небесным».

Второй рассказ Галилея менее известен и более подробен*****):

«В какой мере участвовал я в открытии того инструмента и могу ли я с основанием называть это участием, я давно уже писал в моем «Звездном извещении» [Avviso Sidereo]. Я описывал, как

*) По словам первого биографа Галилея, Вивiani, Галилей часто говорил, что в молодости он был готов полностью посвятить себя живописи (Ed. Naz., vol. XIX, стр. 602).

**) Ed. Naz., vol. X, стр. 352.

***) В «Sidereus Nuncius» Галилей называет трубу perspicillum, что переводилось в русских книгах XVIII в. словом «перспектива». По-итальянски Галилей называл свою трубу «ochiale», т. е. «очек». Слово «телескоп» придумано Демизиани, членом Академии деи Линчеи, а «микроскоп» — генеральным секретарем этой Академии И. Фабером. Галилей называл микроскоп уменьшительным словом от ochiale, т. е. ochialino («очечко»).

****) Ed. Naz., vol. III, pars 1, стр. 60.

*****) Jaques Baldouère.

*****) Ed. Naz., vol. VI, стр. 257 и след.

в Венецию, где я тогда находился, достигли новости, что синьору графу Маврициу была представлена одним голландцем оптическая труба, в которую удаленные предметы были видны столь совершенно, как будто они были совсем близко. Больше ничего в этом сообщении добавлено не было. Узнав об этом, я вернулся в Падую, где тогда проживал, и начал размышлять над этой задачей. В первую же ночь после моего возвращения я ее решил, а на следующий день изготовил инструмент, о коем и сообщил в Венецию тем же самым друзьям, с которыми предшествующий день я рассуждал о сем деле. Я принялся затем тотчас же за изготовление другого, более совершенного инструмента, который и привез шесть дней спустя в Венецию. Здесь в него с большим удивлением смотрело почти все высшее дворянство этой республики непрерывно в течение больше месяца, от чего я чрезвычайно устал. Наконец, по совету некоего моего восторженного покровителя, я представил инструменты Дожу на пленуме Совета. О том, как он был оценен и с каким восторгом принят, свидетельствуют письма Дожа, хранящиеся до сих пор у меня. Великодушие этого яснейшего князя выразилось в вознаграждении меня за представленное изобретение пожизненным закреплением за мною кафедры в Падуанском университете с удвоением моего жалования по сравнению с тем, кое я имел раньше, что означало втрое больше, чем у какого-либо моего предшественника. Эти происшествия, синьор Сарси *), происходили не в лесу и не в пустыне, они происходили в Венеции и, если бы Вам случилось в те времена там быть, то Вы не считали бы меня за простого воспитанника. По милости божией живы до сих пор большая часть синьоров, прекрасно знающих все, они могут Вам рассказать все еще лучше.

Но может быть, кто-нибудь скажет, что немалая помощь в открытии и в решении какой-нибудь задачи — узнать сначала каким-нибудь образом о правильности заключения и быть уверенным, что не ищешь невозможного. Поэтому-де известие и несомненность, что оптическая труба уже сделана, помогли мне настолько, что без этого я ничего бы не нашел. На это я отвечаю двояко [*distinguendo*]. Я скажу, что помощь, оказанная мне известием, пробудила во мне желание напрячь мысль, что, может быть, без этого я никогда не стал бы думать о трубе; но я не считаю, что известие такого рода могло еще иначе воздействовать на изобретение. Более того, я утверждаю, что найти решение указанной и названной задачи есть дело более трудное, чем нахождение решения задачи, о которой не думали и которую не называли, ибо при этом громадную роль может иметь случай; там же все есть результат рассуждения. Теперь мы достоверно знаем, что голландец, первый изобретатель телескопа, был простым мастером обыкновенных очков. Случайно, перебирая стекла разных сортов, он взглянул сразу через два стекла, одно выпуклое, другое вогнутое, причем они находились на разных расстояниях от глаз. Таким образом он увидал и наблюдал действие, которое при этом получается, и так открыл инструмент. Я же, движимый сказанным известием, нашел инструмент путем рассуждения, а поскольку рассуждение это было очень простым, я хочу сообщить его Вашей Сиятельнейшей Милости для того, чтобы Вы могли рассказывать его там, где случится, и могли бы с Вашим уме-

*) Иезуит Грасси, ответом на возражения которого является «Il Saggiatore».

нием заставить говорить тех, которые вместе с Сарси попытались бы уменьшить мои заслуги, каковы бы они ни были.

Рассуждение мое было таким: это сооружение состоит или из одного стекла, или более чем из одного. Оно не может состоять только из одного. Фигура стекла или выпуклая, т. е. более толстая в середине, чем к краям, или вогнутая, т. е. более тонкая в середине, или же ограничена параллельными поверхностями; такое стекло совсем не изменяет видимых предметов увеличением или уменьшением, вогнутое их уменьшает, а выпуклое их значительно увеличивает, показывает очень нечетливыми и искаженными. Посему одного стекла недостаточно для получения эффекта. Я перешел затем к двум стеклам и, зная, что стекло с параллельными поверхностями ничего не изменяет, как сказано, заключил, что эффект не может также произойти от сочетания его с каким-нибудь из двух остальных. Посему я захотел испытать, что получится из соединения двух остальных, т. е. выпуклого и вогнутого, и увидел, что при этом искомое получается. Таков ход моего открытия, в нем я не получил никакой помощи от слышанного мнения о справедливости заключения. Но если Сарси или прочие полагают, что несомненность заключения очень облегчает нахождение способа осуществления эффекта, то пусть они почитают истории о том, как Архит изобрел летающего голубя, а Архимед — зеркало, сжигающее на громадных расстояниях, и прочие удивительные машины, на основании того, что рассказывалось другими о зажигании вечного огня и о сотнях иных удивительных вещей. Рассуждая об этом, они могли легко к величайшей славе их и с пользою изобрести устройства или, по крайней мере, когда это не удавалось, находили другие благодеяния. Отсюда лучше уясняется, что легкость, которая будто бы возникает от предварительного знания действительности эффекта, на самом деле много меньше, чем думают».

Два рассказа Галилея отвечают на многие вопросы, которые следует поставить относительно изобретения трубы. Ясна, прежде всего, степень самостоятельности Галилея в этом изобретении. Нет оснований сомневаться в правильности рассказа Галилея, он был таким же независимым изобретателем оптической трубы, как и многие прочие претенденты на это звание, часть которых была названа выше. Галилей не отрицает стимулирующего влияния на его изобретение сведений о существовании изготавленной трубы без каких-либо подробностей об ее устройстве; вместе с тем он прав, что в его время изобрести трубу случайно было, пожалуй, легче и вероятнее, чем построить намеренно. Ясен ход мыслей и работы Галилея. Он знал, как явствует из второго рассказа, о телескопическом действии одной линзы, известном еще Леонардо, но сведения о «голландской» трубе явно превосходили то, что можно было достичь с одной линзой. Галилей поэтому ставит вопрос о действии системы линз, экспериментирует с двумя линзами, выпуклой и вогнутой, и таким способом находит искомую систему. Почему Галилей не испытал системы из двух выпуклых линз *)? Возможно, потому, что, исходя из своей логической схемы, он сразу начал с возможно более общего случая. Из рассказов Галилея далее следует, что у него не было никаких новых теоретических представлений о действии сферических линз по сравнению с тем, что знали Леонардо, Мавролико и де ла Порта. Отличие от предшественников состояло прежде всего в живом, ясном и широком понимании Галилеем возмож-

*) В рукописи «Sidereus Nuncius» в схеме хода лучей в трубе, нарисованной Галилеем, в действительности изображена система из д в у х выпуклых линз (Ed. Naz., vol. III, pars 1), т. е. кеплерова система.

ностей нового инструмента для мореходства, военного дела и астрономии. Для Леонардо и де ла Порта зрительная труба была одним из фокусов «натуральной магии», вроде камеры-обскуры и «магических» зеркал. Галилей передает, в полном соответствии с действительностью, с какой неслыханной быстротой он сумел по одному намеку найти схему трубы, усовершенствовать ее, доведя увеличение до очень больших размеров, и без промедления реализовать основные применения ее. Эти черты открытия Галилея и делают его несравненным по значению с открытиями Леонардо и де ла Порта, прошедшими незамеченными не только для современников, но и, по сути дела, для самих авторов.

Вообразим на минуту, что до Галилея никому не приходилось комбинировать вогнутую и выпуклую линзы и что к прочим его заслугам присоединяется еще приоритет такой системы. Думается, что такой приоритет оказался бы лишь «каплей в море» по сравнению с громадой действительно сделанного Галилеем для оптики. Между тем, именно отсутствие приоритета на изобретение телескопа является основанием для современных историков оптики просто исключать Галилея из ее истории. Гоппе в своей «Истории оптики» ограничивается в отношении Галилея грубой остротой о том, что при построении трубы не было расчета: «Расчет был совсем в другой области,— пишет Гоппе,— и притом вполне правильный, ибо Совет дождей в награду 25 августа 1609 г. повысил оклад Галилея втрое».

Наука создается людьми, и споры о приоритетах были и будут. Однако приоритет — в основном понятие юридическое, и споры о нем в большинстве случаев имеют ничтожное значение для научной оценки деятельности ученого и еще меньшее для развития науки. Давно пора понять, что вероятность приоритета в научном открытии *ceteris paribus* в среднем обратно пропорциональна числу лиц, одновременно занимающихся данным вопросом. Во времена Эвклида эта вероятность приближалась к единице, теперь во многих случаях она очень мала. Хорошо известно, что в наше время даже самые тонкие и неожиданные открытия часто делались одновременно многими и в разных странах. Открытия должны прежде всего связываться с именами тех людей, которые яснее и полнее всего поняли их значение и больше всего сделали для их развития и внедрения. С этой точки зрения первый телескоп должен, конечно, по праву называться трубой Галилея.

5. МИКРОСКОПЫ ГАЛИЛЕЯ!

В Падуе в своем доме Галилей устроил мастерскую литейщиков, столяров и токарей *). Этим, вероятно, объясняется быстрота изготовления первых образцов телескопа. Можно с большим основанием предположить, что во флорентийском доме личейского академика постепенно создалась и оптическая мастерская, подлинными *Officine Galilei*. К этому понуждали непрерывные заказы на трубы со всех концов Европы, а также оптические подношения, которые Галилею нередко приходилось делать именитым светским и духовным особам. Переписка Галилея полна писем с просьбой прислать трубу или с благодарностью за полученный телескоп **). Иногда посылались только линзы, хотя клиенты настаивали на целом инструменте, причем Галилею приходилось ссылаться на большую длину трубы и трудности пересылки ***).

*) Ed. Naz., vol. XIX, стр. 130 и след.

**) Ср. Ed. Naz., vol. XIII.

***) Например, E. W i e d e m a n n, Studien zur Geschichte Galileis, Stzb. d. phys. med. Sozetât in Erlangen 36, 273 (1904).

До нашего времени дошло мало следов этой первой продукции оптического производства. Во Флоренции, в Музее истории науки *), хранятся два телескопа Галилея (рис. 8). В центре подставки, поддерживающей трубы, расположен разбитый объектив третьей трубы. Длина большей трубы 122 см, ширина отверстия — 44 мм, длина другой — 93 см, ширина отверстия — 14 мм. Трубы сделаны из бумаги. На титульном листе «Il Saggiatore» (1623) изображены две скрещенные раздвижные трубы (на рис. 9 дана увеличенная фотография этой детали гравюры) и линза на подставке. По-видимому, перед нами первое изображение раздвижной трубы Галилея **).

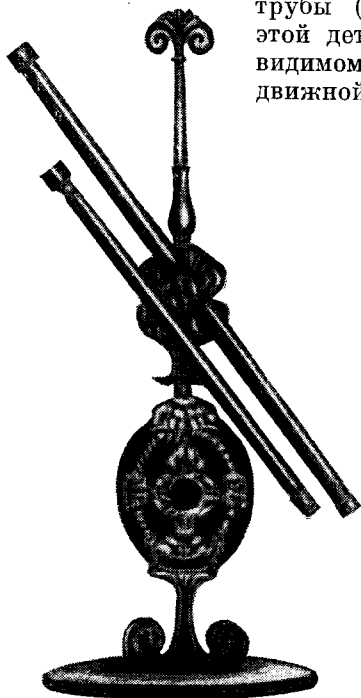


Рис. 8. Два телескопа Галилея из коллекции Музея истории науки во Флоренции.

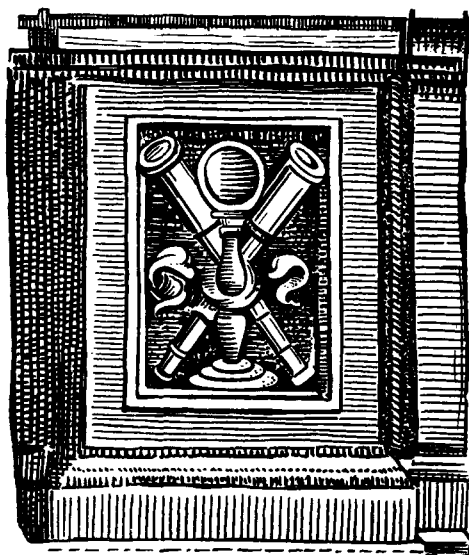


Рис. 9. Деталь титульного листа «Il Saggiatore» (1623) с изображением двух скрещенных раздвижных телескопов.

Возможность изменять длины трубы понадобилась Галилею не только для установки по глазу и портативности. Манипулируя выпуклой и вогнутой линзами, Галилей, по-видимому, еще в 1609—1610 гг. заметил, что при изменении расстояния между линзами можно рассматривать в увеличенном виде не только удаленные предметы, но и близкие. Иными словами, та же система из вогнутой и выпуклой линз может давать и телескоп, и микроскоп при вариации расстояния между линзами. В «Il Saggiatore» Галилей писал в связи с вопросом об увеличении предметов, находящихся на различных расстояниях ***): «Если приближаться на расстояния совсем малые, — в четыре шага, в два, в один, в половину, то изображение мутнеет и темнеет и для отчетливого и ясного наблюдения

*) В этом мало известном музее имеется замечательная коллекция итальянских физических и химических приборов, в частности, наследство Академии дель Чименто. К сожалению, великолепное собрание исторических приборов хранится с недостаточным вниманием. Таково, по крайней мере, было состояние музея в 1935 г.

**) Гравированный портрет Галилея, приложенный к «Описаниям и доказательствам, относящимся к солнечным пятнам» (1613), окружен рамкой с фигурой ангела, смотрящего в зрительную трубу малоправдоподобной формы (рис. 10, стр. 605).

***) Ed. Naz., vol. VI, pars 1, стр. 265.

телескоп надо удлинять. Этому удлинению соответствует большее увеличение. При этом увеличение зависит только от удлинения трубы, а не от приближения предмета». Этот вывод Галилея находится в согласии с формулой увеличения для системы из вогнутой и выпуклой линз, применяемой для наблюдения очень близких предметов, т. е. как микроскоп:

$$\Gamma = \frac{25(d-F-f)}{Ff};$$

Γ — увеличение, т. е. отношение угла, под которым изображение видно в микроскоп, к углу, под которым предмет виден на «расстоянии наилучшего зрения», около 25 см; d — расстояние между линзами; F и f — фокусные расстояния объектива и окуляра.

Такие сведения о свойствах системы из вогнутой и выпуклой линз имелись у Галилея много раньше написания «Il Saggiatore». Шотландец Джон Уоддерборн *) в 1610 г. писал следующее: «Несколько дней назад я слышал, как сам автор [Галилей] сообщал Сиятельному Синьору Кремоне различные вещи и, между прочим, каким способом при помощи своей перспективы [ex perspicillo] он прекрасно различает органы движения и чувств мелких животных». В Национальной библиотеке в Париже имеется рукопись дневника путешествия в Италию Жана Тарда **). За ноябрь — декабрь 1614 г. записано следующее:

«Я спрашивал его [Галилея] о преломлениях и способе такой обработки стекла, чтобы предметы увеличивались и приближались в желаемом отношении. На это он мне ответил, что сия наука еще не достаточно известна, что он не может указать по этому делу никого из занимающихся оптикой [qui traitent la perspective], кроме Иоганна Кеплера, императорского математика, который недавно составил книгу, впрочем, столь темную, что, кажется, и сам автор ее не понимает. Из всего разговора я воспользовался только двумя теоремами, важными в этом деле. Первая состоит в том, что чем большего круга частью является выпуклое стекло и чем меньшего круга вогнутое, тем видно дальше. Вторая гласит, что труба телескопа для рассматривания звезд не длиннее двух футов, но для того, чтобы видеть предметы очень близкие к нам и не различимые вследствие их малости, нужно чтобы труба достигала по длине двух или трех брасов ***). Он мне сказал, что через длинную трубу мухи казались величиною с ягненка и что они покрыты шерстью и имеют очень острые когти, при помощи коих держатся и ходят по стеклу, погружая острие когтей в поры стекла».

Дальнейшие сведения о микроскопе Галилея появляются только лет через десять. В 1624 г. 11 мая Фабер писал Федерико Чези ****):

«Вчера я встретился с нашим синьором Галилеем, проживающим у церкви Магдалины. Он передал прекраснейший микроскоп [ochialino] синьору кардиналу Цоллеру для герцога Баварского. Я сам видел муху, показанную мне синьором Галилеем. Я был поражен и сказал синьору Галилею, что он новый творец, так как показывает вещи, о которых не знали, что они были созданы».

5 сентября того же года Бартоломео Имперiale благодарит из Генуи Галилея за полученный инструмент *****), «который является совершенством, как и все Ваши открытия». Из дальнейшего текста ясно, что дело идет о микроскопе для рассматривания малых насекомых.

*) Ed. Naz., vol. III, pars 1, стр. 158.

***) Ed. Naz., vol. XIX, стр. 589.

****) Brass приблизительно равен 1,62 метра.

*****) Ed. Naz., vol. XIII, стр. 177.

*****) Ed. Naz., vol. XIII, стр. 201.

23 сентября 1624 г. Галилей посылает микроскоп Федерико Чези со следующим препроводительным письмом *).

«Посылаю Вашему Превосходительству микроскоп [ochialino] для рассмотрения вблизи мельчайших предметов. Надеюсь, что вы найдете в этом также немалое удовольствие, как и я. Посылаю с запозданием, так как раньше не удавалось его довести до совершенства вследствие трудности хорошей обработки стекол. Предмет прикрепляется на подвижный круг, находящийся внизу; для того чтобы видеть все, его надо двигать, ибо глазом видна только малая часть. Расстояние между линзой и предметом должно быть тончайшим, поэтому при рассматривании предметов, имеющих рельеф, нужно иметь возможность приближать и смещать стекло соответственно тому, какая часть рассматривается. Поэтому

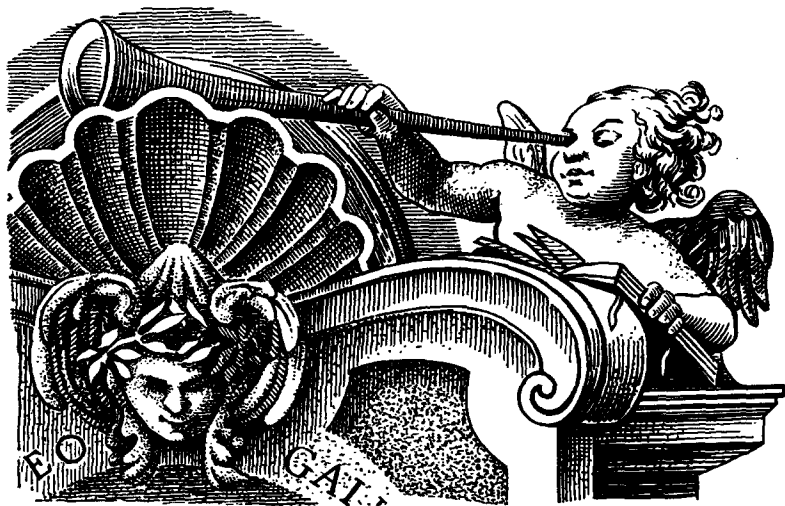


Рис. 10. Деталь рамки гравированного портрета Галилея, приложенного к «Описаниям и доказательствам, относящимся к солнечным пятнам» (1613), с изображением телескопа.

трубочка [il cannonecino] сделана подвижной на своей ножке [nel suo piede] или проводнике [guida], как хотелось бы это назвать. Инструментом следует пользоваться на очень ясном и прозрачном воздухе, а лучше прямо на солнце так, чтобы предмет был хорошо освещен. Я наблюдал очень много зверушек [animalucci] с бесконечным восхищением... В целом здесь можно без конца созерцать величие природы, сколь тонко она работает и с коей несказанной тщательностью».

Б. Имперiale 4 октября 1624 г. **) вновь делится с Галилеем результатами своих микроскопических наблюдений, обсуждая также на основании замечания де ла Порта в § 11 17-й книги «Magia» возможность и преимущества применения линз с параболическими поверхностями.

Бартоломео Бальба 25 октября 1624 г. сообщает Галилею, что ожидает от него присылки обещанной маленькой трубы (il piccolo ochiale) ***).

Сопоставляя приведенные документы, легко заметить, что в 1610—1614 гг. и в 1624 г. речь идет о двух совершенно разных конструкциях микроскопа. Сначала, применяя те же линзы, как и для телескопа, Галилей превращал систему в микроскоп увеличением

*) Ed. Naz., vol. XIII, стр. 208.

**) Ed. Naz., vol. XIII, стр. 212.

***) Ed. Naz., vol. XIII, стр. 218.

ее до саженных размеров (увеличением d в приведенной формуле). Однако в 1624 г. Галилей, вероятно, построил совсем новый прибор с очень малыми фокусными расстояниями линз, вследствие чего труба чрезвычайно укоротилась и приобрела современный вид. Отсюда и уменьшительное название *occhialino* (трубочка) или *il piccolo occhiale* (маленькая труба), как выражается Бальба. Первый, саженный, вариант микроскопа следовало бы, наоборот, назвать по-итальянски *occhialone* (трубища).

В Музее истории науки во Флоренции имеются два микроскопа без стекол, приписываемые со времен Академии дель Чименто Галилею (рис. 11). Принято относиться к такой атрибуции скептически *), главным образом на основании высокого совершенства механической части

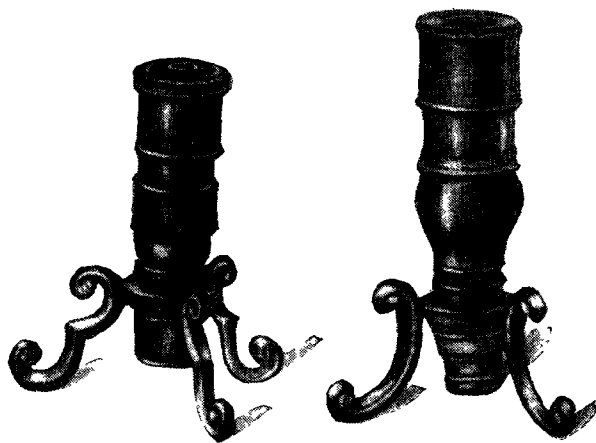


Рис. 11. Два микроскопа без стекол из коллекции Академии дель Чименто, приписываемые Галилею.

сохранившихся микроскопов. Приведенное выше письмо к Чези с очевидностью показывает, что микроскопы, вышедшие из мастерской Галилея в 1624 г., имели уже сложную и тонкую конструкцию с подвижным столиком и «микрометренной» установкой. Поэтому вопрос об атрибуции флорентийских микроскопов заслуживал бы дальнейшего, более внимательного изучения. Несомненно, что независимо от Галилея микроскоп изобретали и строили в то же время (1608—1620 гг.) в Голландии **) (Липерсгей, Мециус, Ганс и Захария Янсены) и в Англии (Дребель, 1621 г.). Бесспорна, однако, самостоятельность и этого открытия Галилея, умение довести до конца по существу и конструктивно и, наконец, реальное внедрение нового прибора на пользу биологии. Ряд писем, цитированных выше, достаточно это доказывает, и хотя сам Галилей нигде в печатном виде не сообщил о своем новом приборе, однако уже в 1625 г. в Риме была опубликована книга Франческо Стеллутти ***) о пчелах, в которой автор «*microscopio observavit*», т. е. сообщал об анатомических наблюдениях, сделанных микроскопом Галилея. Так же, как «*Sidereus Nuncius*» был первой публикацией об астрономических наблюдениях с телескопом, так «*Apiarium*» Стеллутти начинал бесконечную серию публикаций о микроскопических открытиях.

6. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА ГАЛИЛЕЯ

Теоретический кругозор Галилея в геометрической оптике мало отличался от знаний современников (за исключением Кеплера). Об этом красноречиво говорят рассказ Галилея об открытии телескопа и его разговор с Тардо в 1614 г., приведенные выше. Сохранились следы занятий

*) A. N. Disney, op. cit., стр. 107.

**) Ср., например, A. N. Disney, op. cit., стр. 89 и дальнейшие.

***) *Apiarium ex frontispiciis naturalis theatri principis. Federici Caesii Lyncei, S. Angeli et S. Pauli Principis, Marchionis montis Coeli II, Baronis Romani depromptum, quo universa mellificum familia ab suis prae-generibus derivata, in suas species ac differentias distributa in physicum conspectum adducitur. Franciscus Stellatus Lynceus Fabrianensis microscopio observavit. Romae superiorum permissa, anno 1625.*

Галилея количественными соотношениями при отражении от сферических зеркал *) в виде большого чертежа, не представляющего новизны. Ход лучей в системах с линзами теоретически только качественно угадывался, линзовая оптика у Галилея оставалась чисто экспериментальной наукой с самыми общими, но зато безапелляционными геометрическими постулатами. Это проявилось особенно выразительно в полемике с иезуитом Орацио Грасси по поводу природы комет. Галилей выступил сначала за ширмой своего друга и ученика Марио Джудуччи, произнесшего в 1619 г. речь во Флорентийской Академии **). Основная часть этой речи составлена Галилеем или выражает его мысль. После появления еще одного полемического сочинения Грасси, опубликованного под псевдонимом Сарси, Галилей написал «Il Saggiatore» (1623), где обрушился на Грасси с новой силой.

Одним из возражений Грасси против Галилея послужил факт бездействия телескопа на изображение неподвижных звезд. В трубу они казались не только не больше, но даже меньше, чем при простом наблюдении глазом. Отсюда Грасси делал фантастический вывод, что телескоп увеличивает только на расстояниях сравнительно небольших, увеличение прекращается для удаленных предметов. Факт, приводимый Грасси, был непонятным не только для оптиков XVII в.: как мы знаем теперь, он остался навсегда непостижимым с точки зрения геометрической оптики. Здесь оптики XVII в. столкнулись вплотную с проявлением волновой природы света. Галилей не растерялся перед силою довода, умело обойдя основное, т. е. факт, и разбив вдребезги все собственные фантазии Грасси. Приведем аргументацию Галилея в «Il Saggiatore» **): «Телескоп позволяет рассмотреть то, что не было видным,— излагает Галилей мнение Грасси,— не одним, а двумя способами. Первый состоит в переносе предметов к глазам под больший угол, почему они и кажутся большими, второй — в сжатии лучей и образов [specie], вследствие чего они действуют сильнее. Поскольку одного из этих способов достаточно для появления того, что не замечалось, то не следует ли из того вывести, что действует только один способ? Это его [Сарси] точные слова, о коих я не сказал бы, что сумел проникнуть в их внутренний смысл... Подведение предметов под больший угол, вследствие чего они кажутся большими, представляется действием, противоположным сжатию лучей и образов. Ибо если лучи несут с собою образы, то не легко понять, как они сжимаются, образуя вместе с тем больший угол?... [По Сарси] когда мы смотрим в телескоп, например, на Луну, и она вырастает в размерах, то это происходит вследствие увеличения угла, когда же смотрим на звезды, то угол не возрастает, но сжимаются лучи. Я же по всей правде могу сказать, что бесконечное, лучше сказать чрезвычайно большое число раз, когда я смотрел в такой инструмент, никогда не замечал никакого различия в его действии. Наоборот, я полагаю, что он всегда действует одинаковым образом, думая, что и Сарси мыслит не иначе. А если так, то обе операции — увеличение угла и сжатие лучей — происходят всегда вместе, и возражение Сарси полностью отпадает... Думая, что я частью понимаю намерение Сарси, который, если не ошибаюсь, хотел бы, чтобы читатель поверил в то, во что он сам абсолютно не верит, т. е. в то, что видимость звезд, которые раньше были невидимыми, происходит не от увеличения угла, но от сжатия лучей... Он не захотел открыто высказаться о других соображениях синьора Марио, он умолчал, в частности, о том,

*) Ed. Naz., vol. III, pars 2.

***) Ed. Naz., vol. VI, стр. 43.

***) Ed. Naz., vol. VI, стр. 250.

что расстояния между звездами увеличиваются в том же самом отношении, как и предметы здесь внизу; эти расстояния не должны бы возрастать совсем, так как они удалены так же, как и звезды».

Далее *), Галилей пишет: «Справедливо, синьор Сарси, что линза, т. е. выпуклое стекло, собирает лучи и посему умножает свет и благоприятствует Вашему заключению. Но где же оставили Вы вогнутое стекло, которое противостоит линзе в наиболее важном месте, ибо около него находится глаз, через который проходят последние лучи. Оно последний судья и итог [Saldo] всего. Если выпуклая линза собирает лучи, то разве не знаете Вы, что вогнутое стекло их расширяет, образуя обратный конус? Если бы Вы попытались получать лучи, проходящие через оба стекла телескопа, так же, как наблюдали лучи, преломляемые в одной линзе, то заметили бы, что там, где лучи соединялись в одну точку, теперь они идут все более и более расширяясь в бесконечность, или, лучше сказать, на огромное пространство... Как же могут подобные лучи в телескопе давать повышение освещения вместе с увеличением?».

В приписке к тексту речи Марио Джудуччи Галилей замечает **):

*) «Но для чего нужны другие рассуждения и опыты в попытках убедить в том, достоверность чего очевидна из единственного и самого простого предположения оптической науки, о том, что зрительные лучи [raggi visivi] распространяются в с е г д а по прямым линиям и никогда по кривым. Из этого начала немедленно следует заключение, что видимые предметы на любых расстояниях, различаемые тем же телескопом, увеличиваются всегда соответственно одному и тому же отношению».

Галилей объяснял кажущееся уменьшение размеров звезд при переходе от наблюдения невооруженным глазом к телескопическому тем, что у звезды снимается «сияние» или «лучи». По мнению Галилея, эта «лучистость» происходит от самого глаза, глазных жидкостей и ресниц.

В горячем споре с Грасси мы становимся свидетелями сложной научной ситуации. Галилей, проводя неукоснительно представления геометрической оптики, без труда справляется с противником, а вместе с тем приходится признать, что в соображениях ученого иезуита, хотя и смешных по первому впечатлению, скрыта значительная доля истины. Если перевести, вернее, истолковать, мысль Грасси на современный физический язык, то она примерно гласит следующее: телескоп увеличивает изображение и вместе с тем повышает (ветовой поток, попадающий в глаз; когда предметы находятся на сравнительно небольших расстояниях, вполне применима геометрическая оптика, получается нормальное увеличение; при очень большом удалении предметов (за пределами разрешающей силы прибора) виден только бесформенный (дифракционный) след предмета, телескоп помогает его различению лишь потому, что он собирает в глазу большую энергию. В таком переводе идея Грасси верна. Вместе с тем ясно, что победа Грасси в начале XVII в. затормозила бы оптику и, наоборот, строго геометрическая позиция Галилея была прогрессивной. Даже почти через 100 лет после Галилея в «Оптике» Ньютона возражение Грасси осторожно обходилось, что также исторически было целесообразно.

Сомнения, выдвинутые Грасси, не исчезли полностью, несмотря на блеск и силу аргументации «Il Saggiatore». Сохранилось письмо Галилея к неизвестному лицу из Арчетри от 15 января 1639 г., т. е. почти через 20 лет после полемики с Грасси. Почти ослепший Галилей диктует следующее ***):

*) Ed. Naz., vol. VI, стр. 255.

***) Ed. Naz., vol. VI, стр. 107.

***) Ed. Naz., vol. XVIII.

«Касательно того, что неподвижные звезды не обнаруживают никакого увеличения от телескопа, я уже писал и печатал много лет тому назад. Я пространно объяснял, что телескоп увеличивает планеты и неподвижные звезды в одном и том же отношении и очень ясно истолковал, почему кажутся, что неподвижные звезды не получают увеличения, а иногда даже уменьшаются. Будьте добры пересмотреть моего «Il Saggiatore», там найдете очень подробное изложение этого дела. В огромном удалении неподвижных звезд я вижу довод не в пользу того, что они мало увеличиваются, а в пользу их крайней малости. В указанной книге я показываю, что они в сотни и тысячи раз меньше, чем это принимали. Я же незадолго до потери зрения нашел точнейший способ для измерения их диаметра. По этому способу они получаются много и много меньше, чем сам я сначала указывал».

«Точнейший» способ измерения диаметров звезд, о котором упоминает Галилей, сохранился в записи некоего Арригетти *). Он состоит, в современных обозначениях, в следующем. Пусть имеется тонкая непрозрачная прямоугольная ширма с резкими краями (рис. 12, слева) шириною l , помещенная в поле зрения телескопа. Отметим, при помощи маятника, момент оккультации t_0 звезды, скрываемой ширмой, и через t_1 момент появления света звезды после того, как она передвинется на ширину всей ширмы. Пусть теперь ширма имеет двойную толщину $2l$, моменты начала оккультации и появления света будут соответственно t_0 и t_2 (рис. 12, справа). Обозначим диаметр звезды через d . Если предположить, что звезда движется с постоянной скоростью, то найдем

$$\frac{t_2 - t_0}{t_1 - t_0} \frac{2l - 2d}{l - 2d} = r,$$

откуда

$$d = \frac{(r-2)l}{2(r-1)}.$$

Если толщина ширмы во втором случае будет составлять nl , то

$$d = \frac{l}{2} \frac{(r-n)}{(r-1)}.$$

Изящный метод Галилея основан на полном доверии к геометрической оптике. К несчастью, природа света здесь снова себя обнаруживает дифракцией, и метод в его простейшем виде может дать только верхний предел диаметра звезды **).

7. ВОПРОС О ПРИРОДЕ СВЕТА И СКОРОСТИ В ОПТИКЕ ГАЛИЛЕЯ

Формализму геометрической оптики у Галилея отвечало довольно определенное представление о природе света, высказанное в «Il Saggiatore» и много позднее в «Discorsi». Для Галилея зрительные ощущения и их внешняя причина — свет, разумеется, разделялись резко и отчетливо: «Я не думаю, — рассуждает он в «Il Saggiatore» ***), — что для возбуждения

*) Ed. Naz., vol. VIII, стр. 462.

**) Метод Галилея принципиально может быть применен для определения звездных диаметров, если произвести точное фотометрирование до начала оккультации и после появления света. Теория дифракции позволяет в таком случае по фотометрическим данным принципиально сделать заключение о диаметре звезды.

***) Ed. Naz., vol. VI, стр. 350.

в нас вкусов, запахов и звуков во внешнем мире требуется что-нибудь иное, кроме величин, фигур, множеств и движений, медленных или быстрых. Полагаю, что если устранить уши, язык и нос, то все же останутся фигуры, числа и движения, но уже не будет запахов, вкусов и звуков, каковые вне живых существ остаются только словами, так же, как словом остается щекотанье, если удалить от носа щетку или волосы. И так же, как четырем рассмотренным чувствам отвечают четыре элемента, так и зрению, самому важному чувству среди всех прочих, соответствует свет, но с той же пропорцией превосходства, которая существует у бесконечного над конечным, у мгновенного над временным, у количества над неделимым [tra l'quanto e l'indivisibile], у света над тьмой. Об этом чувстве и о его причинах я знаю только чрезвычайно мало. Но для объяснения этого ничтожно малого или, лучше сказать, для начертания его на бумаге мне потребовалось бы много времени, а потому я умолкаю». Однако далее Галилей достаточно конкретизирует свою мысль. Свет для него, как и для многих физиков XVI и XVII вв., родственен огню. Сам же огонь имеет дискретное строение: «Тепло, которое мы назовем общим словом о г о н ь, есть множество мельчайших телец, имеющих те или иные фигуры и движущихся с той или иной скоростью *)... До тех пор, пока, несмотря на размельчение и разрушение, остаются малые частицы [quanti], движение их длится во времени [é temporeaneo], а действие их только тепловое. Но если за сим дойти до крайнего и высочайшего размельчения на атомы, действительно неделимые, то создается свет с мгновенным движением [instantanea], мы хотели бы сказать, расширением или рассеянием. Свет могуч (не знаю, позволительно ли так выразиться) своей тонкостью, разрежением, невещественностью [immaterialità] или иным свойством, отличным от этих названных и дающих ему способность наполнять огромные пространства».

Итак, в эпоху создания «Il Saggiatore» свет представлялся Галилею бесконечно быстрым потоком крайних неделимых, до которых вещество может быть раздроблено теплом или механическими способами. Это соответствовало общей механической и атомной картине мира Галилея. Идея впоследствии детализируется, мгновенное распространение световых атомов заменяется конечным, и Галилей делает попытку на опыте определить скорость света. Это изложено на нескольких блестящих страницах «Discorsi» (1638)**). Три собеседника «Discorsi» дебатировали вопрос о бесконечном и конечном, переходят к дроблению вещества и неожиданно сталкиваются с основной оптической проблемой. Сальвиати, устами которого говорит сам Галилей, замечает, что «золото и серебро измельчаются крепкой водкой тоньше, нежели острейшим напильником, под действием которого они все же остаются в порошкообразном состоянии; но они делаются жидкостями и расплавляются лишь тогда, когда неделимые частицы огня или солнечных лучей растворяют и разлагают их, как я думаю, на первоначальные неделимые и бесконечно малые части». Мы видим, что Сальвиати повторяет концепцию «Il Saggiatore».

Сагрето, alter ego Галилея, указывает далее: «То, что Вы сейчас упомянули вскользь относительно солнечного света, я наблюдал несколько раз с удивлением. Я видел, как при помощи вогнутого зеркала около трех ладоней диаметром мгновенно расплавили свинец; поэтому я пришел к заключению, что если бы зеркало было очень велико, хорошо отполировано и имело параболическую форму, то оно в кратчайший срок распла-

*) Ed. Naz., vol. VI, стр. 350—352.

**) Цитаты в дальнейшем приводятся по русскому переводу А. Н. Долгова: Г. Г а л и л е й, Беседы и математические доказательства и пр., 1934, стр. 110 и дальше.

вляло бы и все другие металлы... Должны ли мы думать, что действие солнечных лучей, и притом столь мощное, происходит без участия движения или же при участии движения, но весьма быстрого?» С этим соглашается Сальвиати, и собеседование переходит к другой интереснейшей теме. Тот же Сагрето ставит новый вопрос: «Но какого рода и какой степени быстроты должно быть это движение света? Должны ли мы считать его мгновенным, или же совершающимся во времени, как все другие движения? Нельзя ли опытом убедиться, каково оно на самом деле?» По этому поводу Симпличио делится житейским наблюдением: «Повседневный опыт, — вмешивается он, — показывает, что распространение света совершается мгновенно. Если вы наблюдаете с большого расстояния действие артиллерии, то свет от пламени выстрелов без всякой потери времени запечатлевается в нашем глазу в противоположность звуку, который доходит до уха через значительный промежуток времени». Сагрето перебивает эту тривиальную реплику: «Ну, синьор Симпличио, из этого общеизвестного опыта я не могу вывести никакого другого заключения, кроме того, что звук доходит до нашего слуха через большие промежутки времени, нежели свет; но это нисколько не убеждает меня в том, что распространение света происходит мгновенно и не требует известного, хотя и малого, времени. Не более того дает мне и другое наблюдение, которое выражают так: «Как только Солнце поднимается на горизонте, блеск его тотчас же достигает наших очей». В самом деле, кто же может доказать мне, что лучи его не появились на горизонте ранее, нежели дошли до наших глаз?» После этого Сальвиати переходит к «конкретному предложению»: «Малая доказательность этих и других подобных же наблюдений заставила меня подумать о каком-нибудь способе удостовериться безошибочно в том, что освещение, т. е. распространение света, совершается действительно мгновенно, потому что достаточно быстрое распространение звука заставляет уже предполагать, что распространение света должно быть крайне быстрым. Опыт, который я придумал, заключался в следующем». Далее идет описание хорошо известного опыта Галилея с двумя экспериментаторами с зажженными фонарями, которые они могут по желанию закрывать и открывать, сигнализируя друг другу на больших расстояниях. Опыт этот составляет принципиальную схему всех прямых измерений скорости света, производившихся до нашего времени. Выслушав описание схемы опыта, Сагрето замечает: «Опыт этот кажется мне столь же надежным, сколь и остроумным. Но, скажите, каков же оказался его результат?» Ответ Сальвиати дает сведения о действительных опытах Галилея: «Мне удалось, — говорит он, — произвести его лишь на малом расстоянии — менее одной мили, — почему я и не мог убедиться, действительно ли появление противоположного света совершается внезапно». Далее следует заведомо ошибочное, но для своего времени интересное рассуждение. «Если оно [появление света] происходит и не внезапно, — добавляет Сагрето, — то во всяком случае с чрезвычайной быстротой, почти мгновенно; я могу сравнить его с движением света молнии, который мы видим в облаках с расстояния в восемь — десять миль. Здесь мы различаем самый источник, начало и конец света в определенных местах тучи, хотя распространение света на все окружающее следует немедленно же. Это кажется мне доказательством того, что явление совершается с затратой времени, хотя и малого, потому что если бы свет молнии возникал во всех частях сразу, а не постепенно, то, думается, мы не могли бы различать ее источника, центра ее сияния и разветвлений». Сагрето — Галилей принимает здесь скорость распространения электрического разряда за скорость света. Вместе с тем имеется в виду, по-видимому, также распространение света, приходящего в глаз от края тучи, по сравнению с прямым

светом молнии. Это запаздывание, однако, лежит за пределами простых наблюдений, так как измеряется по крайней мере десятитысячными долями секунды.

Беседа о скорости и природе света прерывается испуганным восклицанием реалиста Сальвиати: «Но в каком безбрежном океане мы, сами того не замечая, очутились! Мы плаваем среди пустоты, бесконечности, малых неделимых частиц, мгновенного движения и тысячи других вещей и никак не можем пристать к берегу!»

В приведенном замечательном отрывке из «Discorsi» особенного внимания заслуживает соображение Сагредо о том, что из факта зажигания солнечными лучами вытекает огромная скорость световых атомов. В неясной форме Сагредо— Галилей применяет здесь закон сохранения энергии. Если световые атомы малы (т. е. мала их масса), то для объяснения огромной энергии, проявляемой при сжигании, необходимо принять, что скорость этих атомов крайне велика.

Этим и ограничиваются сохранившиеся до нас высказывания Галилея о природе света. Можно думать, что они не были вполне определенными. В переписке Галилея встречаются строки, свидетельствующие о том, что даже архаические зрительные лучи не всегда и не полностью сдавались им в архив истории. Живой, а не литературный Сагредо в письме к Галилею от 7 июля 1612 г. *) сообщает следующее: «Касательно же того, что Вы мне пишете о зрительных лучах и об образах [Spetie], я не берусь судить об их различии, поскольку не верю, что существуют зрительные лучи и не понимаю, для чего они нужны при зрении». Из дальнейшего текста можно понять, что зрительные лучи появились в связи с давним вопросом о повороте изображения на сетчатке глаза. Другой корреспондент Галилея, Д. Антонини, пишет 21 июля 1612 г. из Брюсселя: «Касательно же соображений, которые Ваша Милость высказывает о фигуре, поворачивающейся на бумаге, но не поворачивающейся в глазу, то я полагаю, что отсюда не следует различие лучей, дающих изображение от лучей, при помощи коих возникает зрение. И, прежде всего, я не согласен, что изображения, повертывающиеся на бумаге, не повертываются также в глазу. Даже в старости, в 1640 г., Галилей пользовался понятием зрительных лучей. В черновиках «Письма к князю Леопольду Тосканскому» **) он отмечает: «Личети смешивает исчезновение освещающих лучей с исчезновением зрительных лучей».

Из этого не следует, что Галилей придерживался античной теории зрительных лучей, но при решении практических вопросов он пользовался привычными представлениями эвклидовой оптики как вспомогательным орудием.

8. НАБЛЮДЕНИЯ В ОБЛАСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

По страницам «Il Saggiatore» и переписки Галилея почти в таком же беспорядке, как и по рукописям Леонардо, рассыпаны замечания и наблюдения по физической оптике, свидетельствующие об острой наблюдательности и громадном кругозоре Галилея. Вот строки о правильном отражении от матовых поверхностей в «Il Saggiatore» ***), содержание которых вполне современно: «Что касается необходимости полировки, то утверждаю, что и без нее можно получить отраженные изображения целыми и отчетливыми. Если Ваша Сиятельная Милость возьмет камень или кусок дерева не настолько блестящие, чтобы непосредственно давать изображе-

*) Ed. Naz., vol. XI, стр. 355.

**) Ed. Naz., vol. VIII, стр. 549.

***) Ed. Naz., vol. VI, стр. 291.

ния, и расположит их отлого перед глазом, как это делают, когда хотят проверить плоскость и прямизну, то будет отчетливо видно изображение предметов, находящихся на другом конце. Отчетливость такая, что если так держать книгу, то ее можно с удобством читать». За этим следуют наблюдения над отражением от нагретой стены и над миражем.

Вот описание простых опытов с призмой и наблюдения дифракции *). «Если к глазам прижать стеклянную треугольную призму, то все предметы окрашиваются радужными цветами... Не видим ли мы подобной же игры разных цветов на перьях многих птиц при освещении их солнцем? Больше того. Я сообщу Сарси, быть может, новое для него, если ему вообще можно сказать новое. Пусть он возьмет какое угодно вещество, — дерево, камень, металл, — и посмотрит на них самым внимательным образом на солнечном свете. Он увидит все цвета распределенными по мельчайшим частицам и, если воспользуется телескопом, прилаженным для рассматривания совсем близких предметов **), то увидит то, что я говорю».

По-видимому, необычайно заинтересовали Галилея явления фосфоресценции. Остановимся подробнее на этом мало известном эпизоде научной работы Галилея.

В 1604 г. алхимик Винченцио Кашьяроло обнаружил удивительное свойство некоторых баритов, находимых на горе Падерно у Болоньи, фосфоресцировать после инсоляции. Кашьяроло рассказал о своей находке ученым болонцам. По-видимому, от болонского математика Джованни Антонио Маджине узнал о болонском «светоносном камне» Галилей. Во всяком случае, в 1611 г., во время пребывания в Риме, на одном собрании, может быть, Академии деи Линчеи, где обсуждалась природа света, Галилей демонстрировал болонский камень ***). Если вспомнить атомистические взгляды Галилея на природу света, то можно понять, какое огромное значение могло иметь для него длительное свечение камня. Для современного физика свет существует лишь в динамическом движущемся состоянии; неподвижный, покоящийся свет немислим. Для атомиста XVII в. световые частицы, наоборот, могли иметь любые состояния движения, от неподвижности до огромной скорости, поэтому фосфоресценция, естественно, толковалась как остановка атомов света и их постепенное освобождение. Если по русской загадке свет — это то, «чего в коробейку не спрятать, не запереть», то в глазах Галилея болонский камень мог быть именно такой коробейкой.

Римская демонстрация Галилея имела, по-видимому, очень большое значение для распространения сведений о фосфоресценции и для возбуждения к нему особого интереса. Федерико Чези 21 октября писал Галилею****): «Синьор Ла Галла написал о свете в связи с камнями, которые Вы показывали. Вопрос труден, всегда крайне трудно найти причину, не уходя от устаревших мнений». 4 августа 1612 г. Сагрето пишет Галилею*****) по поводу болонского камня: «Шкатулка*****) стала для меня самым дорогим предметом, но у меня нет желания пускаться в домыслы о причине столь удивительного действия». 9 мая 1613 г. Сагрето сообщает Галилею*****): «Камни, присланные Вашей Милостью в шкатулке, как будто бы больше не поглощают света; я хотел бы узнать, натуральные ли они или искусственные?». 24 мая 1613 г. по тому же делу к Галилею обращается

*) Ed. Naz., vol. VI, стр. 290.

***) Речь идет, очевидно, о первом варианте микроскопа Галилея (ср. раздел 5).

****) Ed. Naz., vol. VIII, стр. 467.

*****) Ed. Naz., vol. XI, стр. 223.

*****) Ed. Naz., vol. XI, стр. 371.

*****) Шкатулка, в которой находились болонские камни.

*****) Ed. Naz., vol. XI, стр. 505.

Дж. Барди *): «Мой патрон просил меня, чтобы я узнал от Вашей Милости про камни, которые у Вас вспыхивали при прикосновении или при натирании, теряют ли они свет там, где было прикосновение?» Федерико Чези в письме от 30 мая 1613 г. благодарит за присылку шкатулки с камнями**). Мы видим, что галилеевы шкатулки с болонскими камнями стали такой же модной вещью, как и его телескоп, и можно предполагать, что флорентийская мастерская Галилея изготовляла такие шкатулки наряду с телескопами и микроскопами.

Интерес к фосфоресценции не прекращается в течение многих лет. 29 августа 1626 г. Галилей обращается в Болонью к Чезаре Марсили с такой просьбой***): «Я полагаю, что Ваша Милость слышала о камнях, которые после прокаливании поглощают и задерживают на небольшое время свет, камни эти рождаются не очень далеко от Болоньи. Если у Вас нет о них никаких сведений, я пришлю Вам образцы [la mostra] камней и также название места, где они находятся. Я хотел бы получить эти камни, так как действие их, по-моему, есть одно из величайших чудес природы». Ч. Марсили очень быстро, через четыре дня, ответил Галилею: «Я постарался, чтобы мне доставили камни, о коих Вы просите. Они будут у меня не раньше понедельника. Один художник, которому они известны, обещал пойти за ними в воскресенье утром, перед зарею, так как только в это время их можно распознать. Лучшие и все, которые будут найдены, мне принесут. Правда, в Болонье ими не интересуются [non se ne fa caso], но так как в этом месте есть другие камни, которые ценят в Венеции и других местах, то берут все камни. Названия камня я не знаю, гора называется Падерно. Помню, что лет 15—20 я видел явление, о котором пишет Ваша Милость. Мне пишут, что видели также воду или эликсир из этого камня, от которого выпадают волосы. Если Вы пошлете образцы, то вернее будет выбрать хорошие. Лицо, которое обещало мне их подыскать, умеет их обжигать и раскладывать в шкатулке».

Приведенные письма говорят о занятиях Галилея фосфоресценцией в течение 15 лет. К сожалению, не сохранилось почти никаких следов результатов работы и взглядов Галилея на природу явления, кроме цитированной выше интригующей фразы, что это «одно из величайших чудес природы». Несомненно только, что Галилей широко пропагандировал болонский камень и интерес к нему.

В конце жизни, в 1640 г., слепому Галилею пришлось еще раз вернуться к проблеме болонского камня в последней печатной публикации, «Письме князю Леопольду Тосканскому»****), содержащей критику новой книги болонского профессора Фортуньо Личети «Litheosporus»*****). Эта книга была первой монографией по фосфоресценции. Галилея лично она затрагивала смелой и фантастической гипотезой о природе пепельного света Луны. Личети соблазняла аналогия слабого свечения, имеющегося в отсутствии прямых, падающих на Луну солнечных лучей, с фосфоресценцией болонского камня*****). Галилей был хорошо знаком с Личети много лет переписывался с ним, поэтому его возражения носят внешне почтительно-добродушный характер, не теряя, однако, язвительной сущ-

*) Ed. Naz., vol. XI, стр. 513, 515.

**) Ed. Naz., vol. XIII, стр. 338 и 340.

***) Ibidem.

****) Lettera a Principe Leopoldo di Toscana, Ed. Naz., vol. VIII, стр. 467.

*****) Lithesporus, sive de lapide Bononiensi lucem in se conceptum... и т. д., 1640.

*****) Гипотеза Личети, разумеется, не в состоянии объяснить основной части пепельного света Луны. Не исключена, однако, возможность слабой фосфоресценции пород, находящихся на поверхности Луны. Вследствие низкой температуры свечение должно быть весьма длительным. Вопрос может быть решен тщательным спектральным исследованием пепельного света.

ности: «Не пускаясь в бесконечное море проблем, для меня неразрешимых, я хотел бы этим кончить,— диктует Галилей,— но не могу все же умолчать о действительно остроумном сравнении, которое ученейший синьор Личети делает, я сказал бы, с легкой поэтической шуткой, между Луной и светоносным болонским камнем. Он полагает, что Луна, погружаясь в тень Земли, сохраняет некоторое время слабый свет, впитанный ею от Солнца или от окружающего воздуха [etere]. Свет этот исчезает после некоторого пребывания в тени. По правде, я допустил бы такую мысль, если бы меня не смущало различие в способе отдачи затерянного света Луной и камнем. Луна, удаляясь от середины конуса тени, начинает отдавать этот затерянный в ней свет много раньше, чем она выходит из тени, и вновь начинает наслаждаться тем большим светом, которым прежде освещалась. Не так происходит дело с камнем, для коего недостаточно при поглощении света лишь приближаться к этому большому свету, нужно в течение значительного времени подвергать его освещению, заставляя впитывать свет и сохранять его затем в течение короткого времени в тени».

Приведенные слова Галилея говорят о его знакомстве с кинетикой возбуждения и излучения болонского камня, и приходится глубоко пожалеть, что книгу о фосфоресценции написал не он, а болонский эрудит Личети, мало сдвинувший эту новую область знания с места.

* * *

Вероятно, дальнейшее историческое изучение откроет новое в оптической деятельности Галилея. Однако на основании материалов, известных уже сейчас и частью приведенных выше, ясно, что Галилей был наиболее замечательным оптиком своего времени. Разносторонность его деятельности и навсегда памятное насилие, учиненное папской инквизицией над свободной наукой Галилея, помешали ему собрать воедино опыты и мысли о свете. Когда-то в «*Sidereus Nuncius*» он обещал издать теорию зрительной трубы *); в цитированном выше письме к Винте он предполагал написать трактаты о свете и цветах. Все это не осуществилось.

По отрывочным сведениям в других сочинениях Галилея и из переписки можно фантазировать о содержании и особенностях не написанной «Оптики» Галилея. Конечно, это была бы книга, несколько не похожая на трактаты Мавролико и Ньютона. Вероятно, она имела бы излюбленную Галилеем форму оптического диалога или беседы с непринужденной логикой, художественной живостью и огромным содержанием в области опыта, наблюдения и научной философии. Такую книгу Галилею написать не удалось, и многое, сделанное и узнанное им в физике света, осталось без должного влияния на дальнейшее развитие оптики. Об этом приходится пожалеть, как о невозвратимой утрате.

*) Ed. Naz., vol. III, pars 1, стр. 62.

