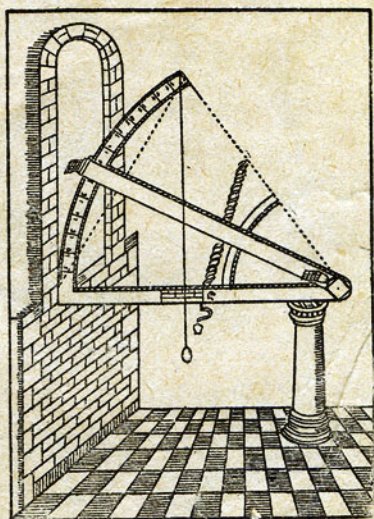
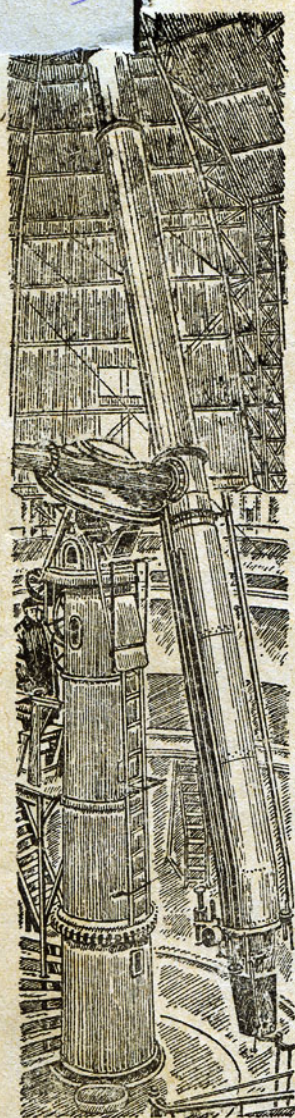


АКАДЕМИЯ НАУК — СТАХАНОВЦАМ

ПРОФ. К. Ф. ОГОРОДНИКОВ

КАК НАБЛЮДАЛИ НЕБО  
РАНЬШЕ  
И КАК НАБЛЮДАЮТ ЕГО  
ТЕПЕРЬ



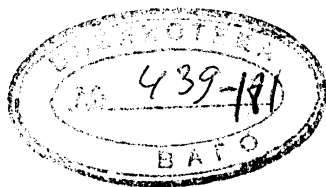
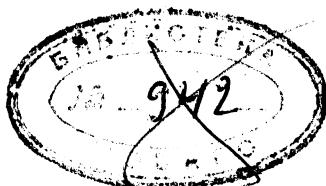
ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ  
АКАДЕМИЯ НАУК—СТАХАНОВЦАМ,  
ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ ПРЕЗИДЕНТА АН СССР АКАД. В. Л. КОМАРОВА

Проф. К. Ф. ОГОРОДНИКОВ

# КАК НАБЛЮДАЛИ НЕБО РАНЬШЕ И КАК НАБЛЮДАЮТ ЕГО ТЕПЕРЬ

БИБЛИОТЕКА МОСТАГО



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР  
МОСКВА 1938 ЛЕНИНГРАД

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

чл.-корр. АН СССР проф. *С. Н. Блажко*

Редактор издания В. А. Шишаков

Технический редактор В. М. Юрова.

Корректор М. С. Пруссаков.

Сдано в набор 8/III 1938 г. Подписано к печати 13/VI 1938 г. Формат 60×92<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Объем 5<sup>1</sup>/<sub>4</sub> л.  
Учет.-авт. л. 5,2. В 1 п. л. 44544 печ. зн. Тираж 10 000 экз. Уполн. Главлита № Б-42782.  
РИСО № 831. АНИ № 944. Заказ № 1122.

1-я Образцовая типография Огиза РСФСР треста „Полиграфкнига“. Москва, Валовая, 28.

Отпечатано с матриц в тип. изд-ва «Власть Советов», ул. Куйбышева,  
Зак. № 2427.

## 1. АСТРОНОМИЯ ДО ИЗОБРЕТЕНИЯ ТЕЛЕСКОПА

До изобретения подзорной трубы, вернее, до того момента, когда Галилею в 1609 г. пришла в голову мысль направить телескоп на небо, человек вынужден был наблюдать небо простым, невооруженным глазом. Нет ничего удивительного в том, что важнейшие вопросы строения мира оставались скрытыми от него. Тем не менее, было бы большой ошибкой думать, что до изобретения телескопа не было никаких приборов для наблюдения неба. Наоборот, с древнейших времен до нас дошли описания различных, подчас глубоко продуманных инструментов, которые помогали древнему астроному производить наблюдения.

Приборами этими человек перестал пользоваться с того самого момента, как был изобретен телескоп, и сами они сейчас представляют собой лишь музейную редкость. Однако идеи, заложенные древними астрономами в некоторые астрономические приборы, не умерли и до сих пор. В усовершенствованном, благодаря новой высокой технике, виде древняя идея живет, например, в приборе, который употребляется и в наши дни: старинный стенной квадрант впоследствии превратился в пассажный инструмент и меридианный круг (об этих приборах речь будет дальше). Поэтому ознакомление с методами наблюдений неба мы и начнем со старых, древних приборов. Ознакомление с ними поможет нам понять, как развилась астрономическая наука.

Но описание астрономических приборов и инструментов представляет интерес только в связи с теми задачами, которые при помощи этих приборов и инструментов решали астрономы-наблюдатели. Мы поэтому вкратце охарактеризуем также те задачи, к решению которых стремились при помощи своих инструментов древние астрономы, и расскажем о тех тайнах неба, с которых они пытались сбросить покров.

Люди наблюдали небо с незапамятных времен. При раскопках древнейших гробниц часто находят рисунки созвездий, сделанные неопытной рукой. Эти рисунки доказывают, что древнейшие люди знали картины неба и наблюдали его. Что толкало их на наблюдение неба? Нет никакого сомнения в том, что в первую очередь — ежедневная жизненная потребность. Едва только человек начал отличаться от обезьяны, у него должна была возникнуть потребность измерять течение времени. Днем время,



естественно, отмечалось по Солнцу. Но зато ночью, в особенности в длинные зимние ночи, в северных странах приходилось определять время по звездам. По ним же находили свой путь в лесу и незнакомой местности древние охотники и пастухи. Таким именно образом человек научился отыскивать на небе знакомые звезды. Для того чтобы уметь быстро находить на небе нужные звезды и были отмечены фигуры различных созвездий: Большой и Малой Медведиц, Ориона и другие.

По мере развития хозяйственной и общественной жизни повышались требования, которые человек предъявлял к астрономии. Возникла потребность в точном календаре, т. е. в способе учета времени в течение длинных промежутков времени. С развитием городской жизни пришлось заняться планировкой, т. е. землемерными работами. С развитием торговли появилась потребность в определении положения судна в море или каравана в пустынной местности и т. д. Все это требовало развития астрономии и астрономических наблюдений.

История человечества показывает, что параллельно с решением задач, носивших узко прикладной характер, человек еще в древности начинал задавать себе другие, более глубокие и трудные вопросы, на которые на первых порах он не умел найти никакого ответа. Именно, при наблюдении неба и видимых перемещений звезд на нем, у человека возникла потребность объяснить себе открывавшиеся его взору небесные картины. Ему хотелось узнать, как устроена Земля, как далеко над головой находятся звезды, из чего и как устроен небесный свод, и т. д.

Особенно большое внимание наблюдательных людей еще в глубокой древности было привлечено пятью необыкновенными светилами, похожими на звезды, но отличавшимися от них тем, что они заметным образом перемещались между остальными, на взгляд совершенно неподвижными звездами. В то время как остальные звезды двигались как бы вместе со всем небесным сводом, словно закрепленные на своих местах, эти блуждающие звезды или планеты, как их называли древнегреческие астрономы, перемещались из созвездия в созвездие, то двигаясь вперед, то в обратную сторону, описывая по временам загадочные петли.

С древнейших времен человек пытается найти объяснение этим, на первый взгляд, сложным и непонятным движениям планет. Ему кажется, что движения планет указывают судьбу человека. Древние астрономы (вернее, астрологи) начинают наблюдать планеты сперва, чтобы угадывать судьбу. Однако скоро они убеждаются в том, что как ни запутаны движения планет, на первый взгляд, в них при внимательном рассмотрении можно подметить определенную закономерность. Таким образом человек убедился в том, что движением небесных светил управляет не произвол богов, не слепой случай, а закон. С тех пор как человек это понял, — зародилась наука астрономия. Так как в области

небесных светил закономерности движений выступают наиболее четко, то и не удивительно, что астрономия оказалась древнее всех остальных естественных наук.

Итак, с самого начала своего существования астрономия имела перед собой двоякую задачу: с одной стороны, обеспечить удовлетворение чисто практических запросов человека, а, с другой, давать ответы на вопросы, объясняющие роль человека и его обиталища — Земли — в мироздании, строение вселенной и т. д.

Много изобретательности и много упорного труда было положено творцами астрономической науки для изучения этих сложных и трудных задач. Задача эта не решена окончательно и до сих пор. Строение бесконечной вселенной, не имеющей границ

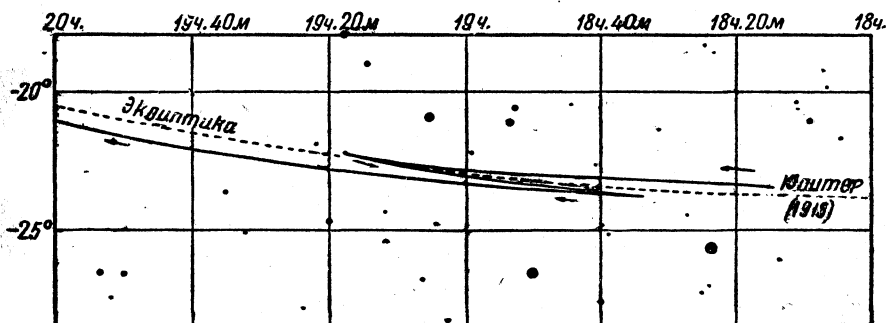


Рис. 1. Видимое движение планеты.

и заполненной неисчислимым количеством миров, является и навсегда останется предметом изучения астрономии; последнее слово науки в этом вопросе никогда не будет окончательным.

С течением веков появилась техника, усложнились задачи астрономии. Но во все времена указанная выше двойственность задач науки оставалась. Это мы должны будем все время помнить при ознакомлении с различными астрономическими приборами. Особенно это касается современных гигантских телескопов.

Очень часто приходится слышать мнение, что громадные расходы, связанные с постройкой таких телескопов, якобы не оправдываются той малой практической пользой, которую они приносят. Но такие телескопы служат для решения лишь половины задачи астрономии, т. е. исследуют строение вселенной. Вторая половина задачи, т. е. удовлетворение практических нужд, достигается путем употребления других инструментов. Таким образом, здесь дело не в том, что в наши дни астрономия будто бы «оторвалась» от жизни. По сравнению с прежними временами участие астрономии в практической, хозяйственной жизни человека не уменьшилось, а, наоборот, неизмеримо увеличилось. Дело здесь заключается в специализации. С развитием техники

оказалось значительно более выгодным строить особые приборы для каждой определенной, конкретной задачи.

Остается еще вопрос о стоимости приборов. На первый взгляд кажется, что большие телескопы стоят слишком дорого по сравнению с приборами для решения практических задач астрономии, геодезии, навигации и т. д. Но это — заблуждение. Ведь больших телескопов совсем не много. Они насчитываются единицами. Зато навигационные, геодезические и другие подобные инструменты изготавливаются ежегодно во многих тысячах. Их общая стоимость, которая и выражает расходы на практическую астрономию, несомненно во много раз превышает стоимость всех телескопов мира. И те, и другие инструменты одинаково необходимы. Они лишь дополняют друг друга.

Необходимо теперь подчеркнуть еще и другую сторону этого вопроса. Выше мы различали практическую и «непрактическую» стороны астрономии. Практическая астрономия — это та область науки, которая помогает человеку решать задачи, связанные с его ежедневной деятельностью. С другой стороны, «непрактическая» астрономия занимается исследованием безгранично удаленных от Земли миров, строением вселенной, т. е., казалось бы, вопросами, имеющими лишь самое отдаленное отношение к практике. Однако это на самом деле не так.

Учение Маркса—Энгельса—Ленина—Сталина утверждает, что всякая наука партийна. Следовательно, и астрономия является классовой, партийной наукой, причем, очевидно, ее партийность сказывается наиболее отчетливо именно в тех вопросах, в которых делаются широкие обобщения. Именно к такого рода вопросам принадлежит вопрос о строении вселенной. И потому совершенно не случайной является та страстная борьба, которая особенно разгорелась вокруг этого вопроса после Коперника, т. е. с XVI столетия, и которая продолжается и в наши дни.

Конечно, в наши дни уже не сжигают на костре людей, но в фашистской Германии сжигают книги величайших ученых, а «неудобных» современных ученых фашистские бандиты всячески преследуют. Изменилась форма борьбы, но не ослабла ее острота.

Если вскоре после Коперника церковь прямо и открыто объявила его учение ересью, запрещала распространение его и преследовала его защитников, то в наши дни это же самое делается более «культурно». В наши дни слуги капитализма и фашизма действуют не только резиновыми палками, но и идеологическим «дубьем», извращая науку и стараясь согласовать ее с религией.

К этому вопросу мы еще вернемся в конце книжки, но пока сделаем такое чрезвычайно важное замечание: «отвлеченные» вопросы астрономии имеют боевое значение в борьбе на идеологическом фронте. Разве после этого можно говорить, что они не имеют практического значения?

Перейдем теперь к описанию астрономических приборов древних. У нас имеются бесспорные указания на то, что астрономи-

ческие наблюдения велись еще в древнем Египте и Вавилоне почти за две тысячи лет до нашей эры. Но значительного совершенства астрономические наблюдения достигли лишь у древних греков, начиная с VI века до начала нашего летосчисления.

## 2. ДРЕВНИЕ ЧАСЫ

Древнейшими астрономическими инструментами являются приборы для счисления времени.

Древние люди не могли пользоваться часами вроде наших: в наших часах протекшее время измеряется движением зубчатых колес, вызываемым или падением груза, или разматыванием упругой пружины. Такие часы вошли в употребление лишь значительно позднее.

Древние люди определяли время главным образом по Солнцу. Для этой цели они пользовались солнечными часами.

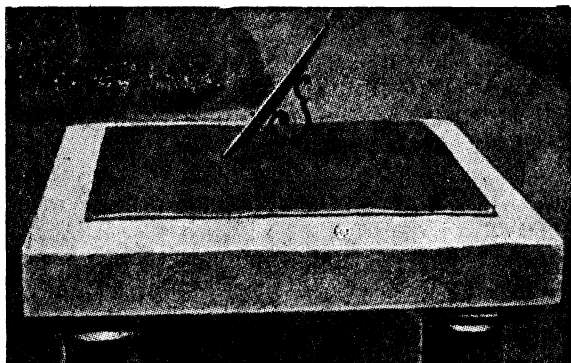


Рис. 2. Солнечные часы.

Наиболее простыми и наиболее распространенными являлись горизонтальные солнечные часы (рис. 2). Главной их частью является горизонтальная плоскость, в центре которой стоит несколько наклонно довольно длинный тонкий стержень. Наклон этого стержня выбирается так, чтобы он был направлен параллельно оси земного вращения. Когда на небе светит Солнце, то стержень отбрасывает тень на плоскость, причем положение этой тени зависит от положения Солнца на небе. Для того чтобы узнать, сколько времени прошло после или осталось до полудня, на плоскости нанесены деления. Каждое деление соответствует определенному моменту времени.

Несмотря на очевидную простоту таких часов, употребление их сопряжено с целым рядом неудобств. Во-первых, эти часы «действуют» только в ясную погоду, так как в пасмурный день стержень не будет отбрасывать резкой тени на циферблат. Во-вторых,



после захода Солнца эти часы становятся бесполезными. Наконец, вследствие неравномерности движения Солнца по небу в различные времена года и скорость «хода» солнечных часов немного непостоянна.

Изобретение солнечных часов, теряющееся в глубине веков, может быть отнесено, по крайней мере, к VII—VIII столетиям до нашей эры. Однако указанные выше неудобства солнечных часов, по крайней мере два первых, заставили человека еще в древнейшие времена воспользоваться часами другого рода. Такими были водяные часы или клепсидры. Работа этих часов основана на том, что из некоторого резервуара через небольшое отверстие вытекает вода. По количеству вытекшей из резервуара воды можно измерять протекшее время. В простейшем случае истечение воды отмечалось по понижению уровня воды в сосуде, на стенках которого наносились соответствующие деления. В более сложных клепсидрах понижение уровня вызывало опускание поплавка, которое в свою очередь передавалось системе зубчатых колес и в конце концов сообщалось движению стрелке по циферблату наподобие стрелкам обыкновенных часов.

Таким образом, мы видим в клепсидрах прообраз наших часов, которые отличаются, помимо различных технических усовершенствований, от клепсидр тем, что их ход зависит от понижения высоты не уровня воды, а гири.

Клепсидры были очень распространены в древности, в особенности в Греции и Риме. Художественно отделанные клепсидры служили украшением городов.

Насколько клепсидры входили прочно в быт древних культурных народов, показывает то обстоятельство, что еще и сейчас у большинства народов сохранились выражения, ведущие свое начало еще с тех времен, когда течение воды в клепсидрах отмечало время. У нас имеется очень распространенное выражение: «много воды утекло с тех пор». Этим хотят подчеркнуть, что со времени какого-нибудь события прошло много времени.

В древности время ораторов регламентировалось при помощи клепсидров. При этом на диспутах для каждого оратора выделялись свои клепсидры и назначался особый человек, который следил за временем. Не обходилось при этом без злоупотреблений. Противники какого-нибудь оратора, чтобы сократить время, отведенное для его речи, умышленно расширяли отверстие, через которое вытекала вода, или наливали воск в сосуд, который, остывая, прилипал незаметно к его стенкам и тем уменьшал его объем.

Когда именно были изобретены обыкновенные часы, т. е. когда течение воды в часах было заменено падением гири, в точности не известно. На основании некоторых косвенных указаний можно считать установленным, что в XII веке такие часы еще не были известны. Зато в конце XV века эти часы уже были несомненно в ходу, так как около 1484 г. астроном Бернгард Вальтер из Нюрнберга употреблял их при астрономических наблюдениях.

Эти часы были очень несовершенны, в них не было еще самой главной части — маятника. Маятник открыл великий ученый Галилей, а лет через двадцать после открытия Галилея, в 1656 г. маятник был впервые применен для регулирования хода часов голландским физиком Христианом Гюйгенсом. Это в области измерения времени явилось открытием такой же важности, как изобретение телескопа для астрономии.

### 3. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Помимо определения времени суток, другой важной задачей астрономии древности являлось определение начала времен года. В определенные моменты года нужно было сеять, собирать урожай, а у охотничьих народов жизнь и деятельность зависела от прилета и отлета птиц и от других сезонных явлений в жизни животных. Естественно, что человек с древнейших времен был заинтересован в точном определении некоторых моментов года. Для начала года выбирался момент, связанный с годичным движением Солнца.

Напомним читателю, что времена года (зима, весна, лето и осень) зависят от высоты Солнца над горизонтом: летом Солнце стоит высоко на небе, — у нас тепло. Зимой, наоборот, Солнце стоит низко над горизонтом, — и у нас холодно. Самого низкого положения на небе Солнце достигает в день зимнего солнцестояния — 22 декабря; это самый короткий в северном полушарии день в году. Наоборот, 22 июня Солнце подымается на небе всего выше. Это день летнего солнцестояния, самый длинный день в году. 21 марта и 23 сентября день на всей Земле равен ночи. Это — дни весеннего и осеннего равноденствий.

Для определения момента начала года достаточно было установить путем наблюдений момент или одного из равноденствий, или одного из солнцестояний. Для этой цели у древних имелся довольно большой выбор различных инструментов, из которых мы отметим только два: астролябию и армиллярную сферу.<sup>1</sup> Эти инструменты интересны тем, что являются прообразом современных инструментов.

Простейшая астролябия состоит из металлического (бронзового) круга диаметром около 40 см, который при помощи отвеса устанавливался вертикально на каменной подставке в плоскости небесного меридиана,<sup>2</sup> т. е. так, чтобы плоскость кольца проходила с юга на север. Внутри круга может скользить плотно при-

---

<sup>1</sup> Некоторые авторы, как, например, Репсольд в своей истории астрономических измерительных приборов применяют название астролябия в более широком смысле, включая в него и армиллярные сферы. Однако мы придерживаемся более узкого понятия астролябии, основным свойством которой является движение в одной плоскости.

<sup>2</sup> Небесный меридианом (по-русски это значит полуденная линия) называется часть большого круга, проходящего от юга к северу над головой наблюдателя через зенит (наиболее высокую точку неба в данном месте).

легающее к нему кольцо с двумя выступающими вбок указателями. На неподвижном круге имеются деления, позволяющие отмечать положение указателей подвижного кольца.

При помощи подобной астролябии можно определять момент летнего солнцестояния. Для этого каждый день в полдень, когда Солнце находится в меридиане, т. е. в той же плоскости, что и астролябия, поворотом подвижного кольца добиваются того, чтобы тень от одного указателя в точности покрывала бы другой указатель. В этот момент, очевидно, линия, соединяющая оба указателя, проходит и через Солнце.

Иначе говоря, положение указателей определяет высоту Солнца над горизонтом. Если день за днем отмечать деления, соответствующие положению, занимаемому указателями, то легко можно заметить тот день, когда Солнце находится всего выше на небе. Этот день и будет днем летнего солнцестояния.

Еще проще устройство другой астролябии, служившей для определения момента равноденствия. Состоит она всего лишь из одного бронзового неподвижного круга, который устанавливается на прочной опоре не в меридиане, как предыдущая астролябия, а перпендикулярно к оси земного вращения, или, иначе говоря, параллельно плоскости земного экватора.

Летом Солнце находится в северном полушарии неба, а зимой — в южном. Два раза в год, в дни равноденствий, Солнце пересекает плоскость экватора Земли и, таким образом, оказывается в той же самой плоскости, что и круг астролябии. В этот момент тень от одной половины круга будет как раз покрывать вторую его половину. Следовательно, определение момента равноденствия с подобной астролябией состоит в том, чтобы дожидаться момента, когда тень от круга расположится указанным образом.

При помощи астролябии описанного вида можно было производить наблюдения или Солнца, или Луны. Звезды светят слишком слабо, чтобы отбрасывать сколько-нибудь заметную тень. Кроме того, малые размеры кругов не позволяли достигнуть большей точности наведения или, если так можно выразиться, «прицела» на звезду.<sup>1</sup> Поэтому в дальнейшем для увеличения точности наблюдений вместо астролябий стали употреблять так называемые астрономические секторы (квадранты, секстанты и октанты).<sup>2</sup>

#### 4. ТИХО БРАГЕ

Особенного совершенства достигли инструменты этого рода, построенные датским астрономом Тихо Браге, с которыми он производил наблюдения в своей обсерватории на острове Хвене

<sup>1</sup> Прицел, например, из винтовки, обладающей длинным стволом, и, следовательно, большим расстоянием между мушкой и прицельной рамкой, производится точнее, чем из револьвера, имеющего короткий ствол.

<sup>2</sup> Слова «квадрант», «секстант» и «октант» означают сектор, соответствующий  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{6}$  или  $\frac{1}{8}$  части окружности.

в Зундском проливе. Тихо Браге в своих наблюдениях достиг непревзойденной до него точности. Так как он работал в конце XVI столетия, его наблюдениями как бы замыкается период астрономии, предшествующий изобретению телескопа.

Тихо Браге родился 14 декабря 1546 г. на юге Швеции, которая в то время находилась под властью датского короля. Его отец принадлежал к дворянской знати и занимал высокий придворный пост. У отца Тихо был брат, которому суждено было сыграть значительную роль в жизни астронома: будучи бездетным, он взял маленького Тихо на воспитание.

Дядя Тихо Браге предназначал племянника к государственной деятельности и для этого решил дать ему юридическое образование. Тринадцатилетним мальчиком он определил Тихо в Копенгагенский университет. Однако происшедшее в августе 1560 г. полное солнечное затмение вызвало у Тихо огромный интерес к астрономии, так что последующие три года своего пребывания в университете он почти целиком посвятил изучению математики и астрономии.

В 1572 г. новое небесное явление привлекло внимание Тихо Браге и заставило его избрать астрономию своей специальностью. Именно, в ноябре этого года в созвездии Кассиопеи неожиданно вспыхнула Новая звезда, <sup>1</sup> которая по яркости значительно превзошла все остальные звезды.

В наши дни вспышка Новой никого из астрономов не удивляет; явление это наблюдается очень часто (с начала текущего столетия Новых наблюдалось уже около двухсот). Большинство Новых звезд, впрочем, телескопические, т. е. недоступны невооруженному глазу.

Во времена Тихо Браге появление яркой звезды вызвало настоявшее смятение умов. Дело в том, что в средние века единствен-

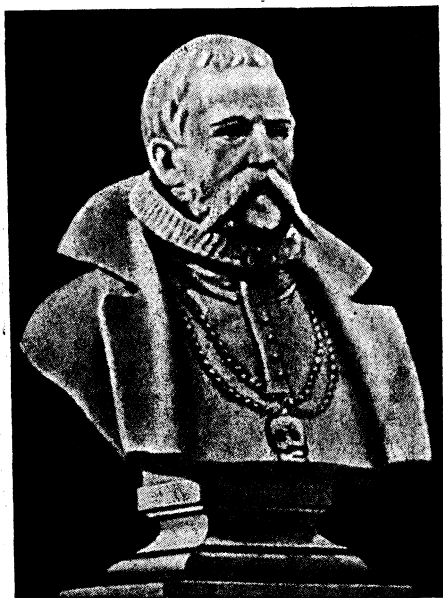


Рис. 3. Бюст Тихо Браге.

<sup>1</sup> Явление Новой звезды заключается в том, что какая-нибудь звезда, доколе ничем не выделявшаяся среди тысяч других, внезапно, в течение 2—3 дней, увеличивает свою яркость в десятки и сотни тысяч раз; затем яркость ее постепенно ослабевает и через несколько месяцев звезда возвращается примерно к прежней яркости.



ным философским учением, признанным христианской церковью, было учение древнегреческого философа Аристотеля (384—322 гг. до н. э.). Согласно этому учению, Земля покоится неподвижно в центре вселенной. Поверхность ее является средоточием всего грешного, смертного и несовершенного. Наоборот, небо является миром идеальным, в котором движутся бессмертные и совершенные небесные тела. Эти тела, благодаря своему совершенству, не могут претерпевать никаких изменений, потому что идеальное тело не может стать ни хуже (иначе оно перестанет быть идеальным), ни лучше (иначе это означало бы, что перед этим оно еще не было совершенным).

Средневековая философия не допускала возможности никаких изменений в мире звезд. Каково же было недоумение Тихо Браге, когда 11 ноября 1572 г. он увидел яркую звезду там, где (он наверно это знал) ее раньше не было.

Будучи правоверным христианином и считая поэтому, что церковь не может ошибаться, Тихо Браге усомнился сперва в своем зрении. Вот что писал он сам по этому поводу: «Я был так удивлен этим зрелищем, что не постыдился усомниться в надежности моих собственных глаз. Однако, когда я увидел, что и другие, когда им указывали на небе это место, также видели, что там в самом деле имеется звезда, я перестал сомневаться».

Тихо, однако, не поколебался в своей вере в авторитет церкви. До конца своих дней он, по крайней мере внешне, оставался послушным христианином.

В 1576 г. датский король Фридрих II дал Тихо Браге средства и передал в его владение маленький островок Хвен, неподалеку от Копенгагена, для устройства хорошей астрономической обсерватории. Эта обсерватория была выстроена с дворцовой роскошью. Инструменты ее были украшены различными орнаментами и фигурами. Тихо Браге назвал свою новую резиденцию «Ураниборг», что значит «небесный город».

Двадцать лет проводил Браге свои точнейшие наблюдения в Ураниборге. Однако после смерти покровительствовавшего ему Фридриха II от него отобрали часть его владений и перестали давать средства. Знаменитому астроному пришлось покинуть свое негостеприимное отечество. После двухлетних скитаний он, наконец, в 1598 г. приобрел себе нового покровителя в лице императора Рудольфа II, который пригласил его в качестве придворного математика в свою столицу Прагу. Однако наладить работу на новом месте Тихо Браге не успел: 24 октября 1601 г. он скончался.

Конец XVI столетия был временем разгара общественного движения, носящего название Возрождения. Старое феодальное общество трещало по всем швам. Складывались новые производственные отношения. К власти шла городская буржуазия, стремившаяся свергнуть господство церкви и знати. В области религии эта борьба нашла свое отражение в так называемой реформации:

создавались лютеранство, кальвинизм и другие религиозные учения, враждебные средневековому католичеству. В Европе кипели религиозные войны.

В науку это время также внесло большие изменения. Царствовавший в науке, находившейся под строгим надзором христианских попов, полнейший застой кончился. Кончалось и слепое преклонение перед освящавшимся церковью авторитетом Аристотеля. Пришел также конец и державшейся в течение почти 15 веков системе мира Птолемея (согласно учению Птолемея движение планет происходит по особым кругам — эпициклам, центры которых, в свою очередь, движутся вокруг Земли). Теория Птолемея мирно уживалась с философией Аристотеля и с догматами христианской религии именно потому, что она тоже ставила в центре вселенной Землю.

В 1543 г. великий астроном Коперник выдвинул новое революционное учение об устройстве мира, согласно которому Земля и другие планеты движутся вокруг Солнца. Теория эта совершала настоящую революцию: она разбивала все старые, веками вкоренившиеся представления о мире и наносила непоправимый удар христианскому религиозному учению.

Проверить правильность теории Коперника можно было только путем наблюдений.

«Данные науки всегда проверялись практикой, опытом. Наука, порвавшая связи с практикой, с опытом, — какая же это наука? Наука потому и называется наукой, что она не признает фетишей, не боится поднять руку на отживающее, старое, и чутко прислушивается к голосу опыта, практики. Если бы дело обстояло иначе, у нас не было бы вообще науки. Не было бы, скажем, астрономии, и мы все еще пробавлялись бы обветшалой системой Птолемея».

Так сказал по поводу науки вождь и учитель народов тов. Сталин в своей речи на первом Всесоюзном совещании стахановцев 17 ноября 1935 г. И эти слова тов. Сталина относятся, конечно, не только к нам, его современникам и последователям, а к науке всех времен и народов. Всегда и везде подлинная наука получала свою проверку на данных опыта, наблюдений.

Для проверки теории Коперника нужно было обратиться к наблюдениям движений планет. А это как раз и делал Тихо Браге. Как философ и мыслитель он был человеком заурядным. Как наблюдатель и астроном-практик он видел неправильность теории Птолемея, но в качестве верного сына христианской церкви не мог отказаться от неподвижности Земли. Поэтому он создал особую «промежуточную» теорию, согласно которой планеты движутся вокруг Солнца, Солнце же движется вокруг Земли.

Эта «соглашательская» теория, по счастью, не нашла последователей и умерла вместе с Тихо Браге. Но сам ее создатель оставался ей верен до конца своих дней и надеялся доказать ее правильность путем точных наблюдений, которые он и проводил всю

жизнь. Своему помощнику Иоганну Кеплеру, впоследствии великому астроному, Тихо Браге завещал продолжить нужные изыскания. Исследования Кеплера, основанные на точных наблюдениях Тихо Браге, привели, однако, к бесповоротному подтверждению учения Коперника.

Наука обязана Тихо Браге изобретением так называемого метода относительных наблюдений, который позволил значительно увеличить точность определения положения светил на небе. Дело в том, что до Тихо Браге астрономы просто наводили свои инструменты на данное светило и по разделенным кругам, которыми были снабжены инструменты, определяли небесные координаты светила. Тихо заметил, что точность наблюдений значительно повышается, если вместо этого определять положение светила по отношению к находящимся поблизости от него на небе звездам. Сам Тихо для этого обычно выбирал две яркие звезды и измерял угловое расстояние между ними и светилом. Таким образом, для того чтобы определять этим способом положение светил в любой части неба, необходимо знать с наибольшей точностью положения таких опорных звезд, по возможности равномерно распределенных по всему небу.

Этот способ относительных наблюдений был быстро перенят другими астрономами и до сих пор остается основным в астрономии. Но для развития астрономии он оказался важным не только сам по себе, но также благодаря тому, что заставил астрономов заняться составлением так называемых звездных каталогов, т. е. списков точных положений звезд, пригодных к тому, чтобы служить опорными при относительных наблюдениях. Эти каталоги позволили в дальнейшем сделать множество очень важных научных открытий, о которых будем говорить ниже. Подобный каталог составил и сам Тихо Браге.

Судьба Тихо Браге показывает, что в то время наука, как общественная сила, еще не была организована. Настоящей науки еще не было. Были только одиночки ученые, которые вели научную работу на свой страх и риск, завися целиком от подачек и прихоти различных князей и князьков. Стоило только перемениться придворным настроениям, и вся деятельность Тихо Браге рухнула. Обсерватория, которая могла бы служить ему вечным памятником, была разрушена. Когда менее ста лет спустя один французский астроном приехал на остров Хвен, то ему стоило больших трудов при помощи раскопок установить местонахождение фундамента Ураниборга.

## 5. ИНСТРУМЕНТЫ ТИХО БРАГЕ

Мы уже сказали, что измерительные инструменты Тихо Браге обладали большой точностью. Что же это были за инструменты?

На рис. 4 изображен один из секстантов, употреблявшихся Тихо Браге, так называемый неподвижный секстант.

На вертикальной подставке укреплена дуга величиной в  $\frac{1}{6}$  окружности, сделанная из прочного дерева. Дуга имеет вторую точку опоры на нижнем обрезе окна. Секстант стоит совершенно вертикально, что регулируется отвесом. Этот же отвес позволяет установить нижнюю сторону секстанта горизонтально. На дуге нанесены деления, в данном случае от  $0^\circ$  до  $60^\circ$ .

По дуге скользит один из концов большой линейки, называемой алидадой; другой конец линейки укреплен в центре секстанта.

На алидаде укреплены расположенные под прямым углом к ее длине и к плоскости секстанта две прямоугольные пластинки, называемые визирами. Визеры дают возможность наводить с большой точностью алидаду на исследуемое светило. Для этого следует поместить глаз в центре секстанта и в тот момент, когда светило вследствие суточного вращения Земли будет проходить через плоскость секстанта, можно будет направить алидаду на светило, измеряя угол, составляемый ею с горизонтальной стороной секстанта, при помощи большого винта, показанного на нашем рисунке и снабженного снизу специальной рукояткой.

Обычно подобные инструменты устанавливались в плоскости меридиана и, таким образом, позволяли измерить высоту над горизонтом светила в момент прохождения последнего через меридиан. Размеры секстантов и квадрантов, построенных Тихо Браге, были довольно значительны, причем радиусы окружностей в них достигали от 1 до 3 м. Такие большие инструменты были очень неудобны в обращении вследствие громоздкости. Но, с другой стороны, чем больше радиус, тем больше длина дуги круга, соответствующая одному и тому же углу. Увеличивая радиус окружности, Тихо Браге рассчитывал увеличить точность наблюдения. Однако на практике оказалось, что с увеличением размеров приборы в свою очередь сильно теряют в точности из-за того, что их части гнутся и деформируются. Поэтому, как мы увидим дальше, развитие техники в дальнейшем пошло именно по линии умень-

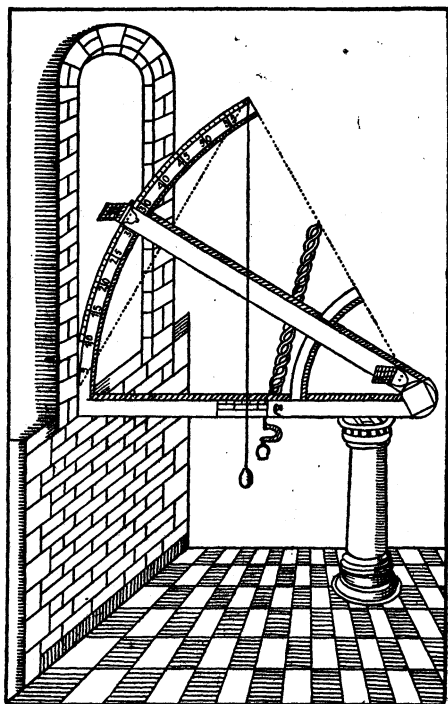


Рис. 4. Секстант Тихо Браге.



щения размеров приборов при условии тщательного их изготовления.

В стремлении добиться наибольшей точности Тихо Браге пользовался также стенными квадрантами. Рис. 5 изображает наблюдение на стенном квадранте.

Основная часть инструмента, т. е. самый квадрант (четверть окружности) нанесен непосредственно на поверхности стены.

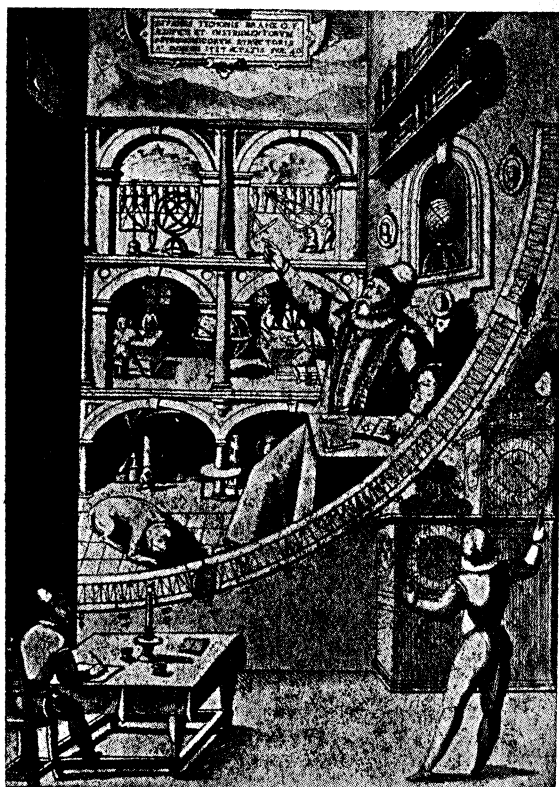


Рис. 5. Стенной квадрант Тихо Браге.

Вдоль по квадранту могут скользить два визира. На нашем рисунке один визир стоит на делении, соответствующем примерно  $25^\circ$ ; в него смотрит наблюдатель — один из ассистентов астронома. Сам же Тихо Браге сидит за столом с поднятой кверху рукой, указывающей на прорез в стене. Другой визир стоит на делении, соответствующем  $75^\circ$ , и в изображенный момент не применяется.

Наблюдения при помощи этого инструмента состоят в следующем: наблюдаемое светило «ловят» на небе в тот момент, когда

оно видно сквозь прорез, находящийся в стене налево: на нее указывает рукой астроном. Двигая визир, добиваются того, что край визира, край прореза и звезда оказываются в створе. Каждое такое наблюдение дает высоту светила над горизонтом. В виду больших размеров стеного квадранта и абсолютной его устойчивости (в нем нет никаких подставок; все прочно и неподвижно), он давал самую большую точность, которую вообще допускали наблюдения без помощи телескопа.<sup>1</sup>

В правом нижнем углу видны часы, показывающие время при наблюдениях. Часы эти мало похожи на наши. Во-первых, там часовая и минутная стрелки движутся не на общей оси, как это обыкновенно имеет место в наших часах; во-вторых, часы Тихо не имели регулятора хода в виде маятника, который является неотъемлемой принадлежностью наших стеновых часов, если только они не пружинные. Хотя эти часы должны были позволять отсчитывать секунды, однако, для большей надежности, Тихо Браге имел всегда по крайней мере двое одновременно идущих часов.

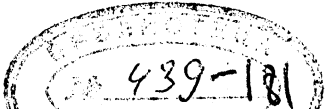
Как показывает рисунок, в наблюдениях принимали участие 4 человека: сам астроном и три его ассистента. На астрономе лежала задача выбора звезд, подлежащих наблюдению, и общее руководство. Из ассистентов один производил наблюдения и, очевидно, давал знать остальным наблюдателям о моменте, когда светило оказывалось в створе. Второй ассистент отмечал этот момент по всем часам (иногда их число доходило до четырех). Наконец, третий вел журнал наблюдений, записывая в тетрадь их результаты.

## 6. ИНСТРУМЕНТЫ ГЕВЕЛИЯ

Мы сейчас описали старинные астрономические приборы, которые допускали наблюдение лишь в одной вертикальной плоскости, в плоскости меридиана. При помощи подобных инструментов нельзя было наблюдать светила, расположенные как угодно на небе, а лишь такие, которые находились в данный момент в меридиане (вследствие вращения небесного свода каждое светило находится в меридиане лишь один момент). Следовательно, наблюдению с этими инструментами, которые мы можем для краткости назвать «меридианными», доступно лишь сравнительно небольшое число светил. Но меридианные инструменты имеют и преимущества: за счет уменьшения свободы движения достигается простота конструкции, а следовательно, и более высокая точность наблюдений.

Мы дальше увидим, что, несмотря на громадное развитие техники, идея меридианных инструментов сохранилась и до настоящего времени. И сейчас еще, в тех случаях, когда необходима

<sup>1</sup> Точность наблюдений Тихо Браге доходила до одной-двух угловых минут, что было совершенно недостижимо на других инструментах того времени.



особая точность при измерениях положений светил на небесном своде, прибегают к помощи сравнительно небольших по размерам инструментов — меридианного круга и пассажного инструмента, которые обеспечивают высокую точность наблюдений за счет уменьшения свободы движения,

упрощения конструкции и увеличения прочности и легкости частей.

Меридианные инструменты не могли полностью удовлетворить астрономов. Далеко не всегда возможно дожидаться момента, пока нужное светило — планета, комета или звезда — придет в меридиан. Поэтому параллельно с теми инструментами, которые мы назвали меридианными, с древних времен строились другие приборы, с которыми наблюдения могли производиться в любой части неба. Это достигалось ценой некоторого усложнения конструкции и понижения точности наблюдений.

Одним из инструментов подобного рода является подвиж-

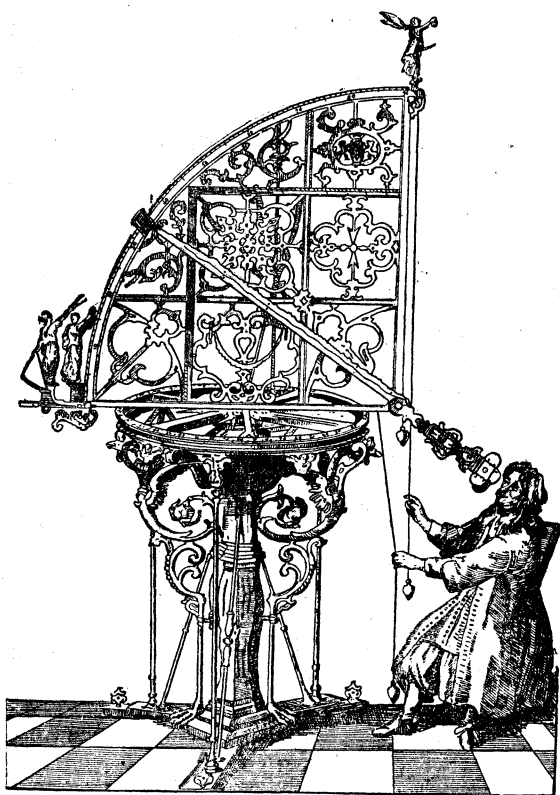


Рис. 6. Подвижной квадрант Гевелия.

ной квадрант. На рис. 6 изображен подвижной квадрант Гевелия. Иоганн Гевелий (немецкий астроном) родился в 1611 г. и жил в Данциге, где работал с 1639 по 1687 гг., т. е. в течение почти 50 лет. За это время им было построено множество прекрасных, роскошно отделанных астрономических инструментов, в которых он очень близко следовал идеям своего предшественника Тихо Браге. Высокой точностью измерений Гевелий отчасти превзошел Тихо.

Заслуживает особенного внимания то обстоятельство, что до конца своих дней Гевелий продолжал строить инструменты и наблюдал при их помощи, не усиливая их подзорной трубой, которая

была применена для телескопических наблюдений Галилеем еще в 1609 г., т. е. задолго до Гевелия.

Гевелий был неплохим оптиком и сам сделал несколько телескопов. Но он не приспособил трубу к своим измерительным инструментам. Он только увеличивал тщательность изготовления инструментов, стараясь этим достигнуть наибольшей точности в наблюдениях.

Употребление подвижного квадранта очень мало отличается от употребления уже описанного нами секстанта. Как уже было сказано, слово квадрант означает, что в этом инструменте дуга занимает  $\frac{1}{4}$  окружности. На дуге нанесены деления градусов и частей их, дающие возможность делать отсчеты с точностью до 10 минут.<sup>1</sup> Так же, как и в стенном квадрате по дуге круга скользит одним концом алидада с визиром. Другой визир находится на другом конце алидады, у которого помещается наблюдатель. Для большей точности наведение алидады на светило производится не непосредственно от руки, а при помощи системы шнуров и блоков.

Подвижной квадрант может поворачиваться вокруг вертикальной оси, причем угол поворота отмечается на особом горизонтальном круге. Для того чтобы навести прибор на какое-нибудь светило, необходимо сперва повернуть инструмент вокруг вертикальной оси так, чтобы светило оказалось в плоскости квадранта, а затем при помощи шнуров можно навести на него алидаду. Ясно, что этот прибор можно навести на любую точку неба.

## 7. АРМИЛЛЯРНЫЕ СФЕРЫ

Из других инструментов, допускавших подобно подвижному квадранту наблюдения в любой части неба, довольно большое распространение имели так называемые армиллярные сферы (рис. 7). Армиллярные сферы имелись еще во времена знаменитого александрийского астронома Птолемея (во II веке н. э.). С незначительными изменениями они просуществовали до изобретения телескопа, и теперь иногда применяются с учебными целями.

Название «армиллярная» происходит от латинского слова армилла, что в переводе значит браслет. И действительно, армиллярная сфера — это как бы полый внутри шар, образованный переплетающимися между собою тонкими кольцами одинакового диаметра. Армиллярные сферы устраивались диаметром от 1 до 3 м.

Основное наружное неподвижное кольцо армиллярной сферы устанавливалось в меридиане. Два других кольца — подвижные — насажены на одну и ту же ось, идущую несколько наклонно снизу

<sup>1</sup> Это соответствует точности современных небольших полевых инструментов, употребляемых геодезистами.



вверх. Эта ось устанавливалась параллельно оси вращения Земли. Вокруг этой оси оба кольца могут вращаться. Одно кольцо, имеющее деления, служит для определения одной из координат небесных светил и называется **к р у г о м** **с к л о н е н и й**, а второе кольцо служит для под-

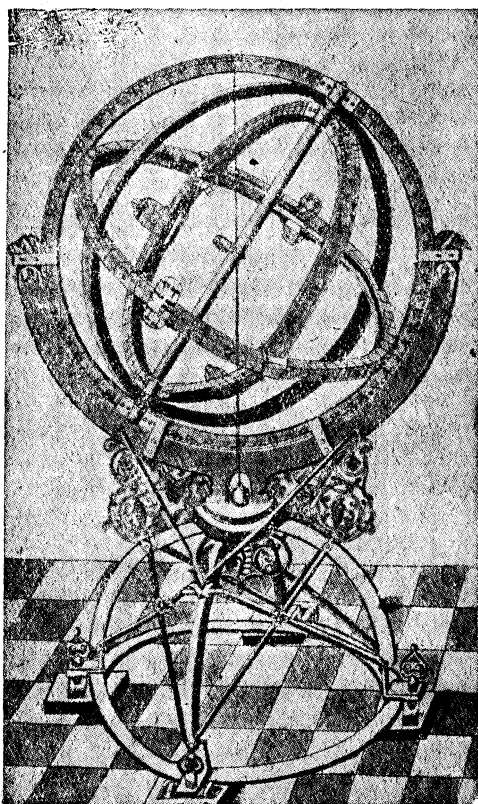


Рис. 7. Армиллярная сфера Тихо Браге.

держки другого, перпендикулярного кольца, также имеющего деления и называемого **к р у г о м** **п р я м ы х** **в о с х о ж д е н и й**.<sup>1</sup>

На этих двух кругах имеется по паре визиров, аналогичных по своему устройству уже упомянутым выше при описании секстанта Тихо Браге. Для наблюдений на армиллярной сфере требовалось участие, по крайней мере, двух наблюдателей, из которых один должен был, пользуясь одной парой визиров, медленно поворачивать кольцо прямых восхождений, следя за какой-нибудь определенной звездой, а в это время другой наблюдатель должен был наблюдать исследуемую звезду, определяя ее угловое возвышение при помощи круга склонений.

Наблюдения с армиллярными сферами отличались значительным неудоб-

ством и сравнительно небольшой точностью. Поэтому Гевелий уже не пользовался этим родом инструментов. А затем они вскоре и вовсе вышли из употребления.

<sup>1</sup> Подобно тому как положение каждой точки на поверхности земного шара определяется двумя географическими координатами: широтой и долготой, так и положение точки на небесной сфере также определяется двумя аналогичными координатами: склонением и прямым восхождением. Склонение аналогично широте, а прямое восхождение — долготе. Здесь мы ограничиваемся лишь этим кратким замечанием, отсылая интересующегося читателя к другим книгам по астрономии.

## 8. ИЗОБРЕТЕНИЕ ТЕЛЕСКОПА

Несмотря на то, что изобретение телескопа внесло настоящий переворот не только в астрономию, но и вообще в естествознание, нам не известны ни точное время постройки первого телескопа, ни имя его изобретателя. Обычно изобретение зрительной трубы приписывается голландскому мастеру очковых стекол Гансу Липперсгею (1608 г.).

Существует рассказ о том, что дети Липперсгея, играя стеклами от очков, попробовали смотреть на отдаленные предметы не через одно стекло, а через два, поставленных одно позади другого. Изумленные тем, что они увидали далекую колокольню совсем близко около себя, они позвали отца, который попробовал стекла сам и убедился в том, что колокольня действительно как бы приблизилась. Так будто бы была изобретена первая подзорная труба.

Свойство зрительных труб было известно, однако, еще, по крайней мере, за 20 лет до этого в Италии; имеются данные, что еще в 1590 г. некий Порта, учитель города Неаполя, делал зрительные трубы. Порта не придавал этому обстоятельству

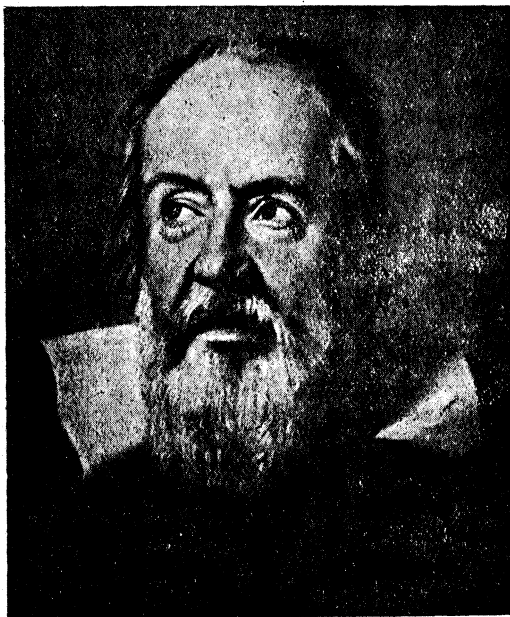


Рис. 8. Галилей.

большого значения. Это заставляет нас думать, что даже и он не был первым конструктором зрительной трубы.

Имя настоящего изобретателя осталось неизвестным для потомков. Это, по всей вероятности, объясняется тем, что зрительная труба была впервые применена для военных целей. Естественно, что до тех пор, пока сведения об этих трубах не распространились, их изготовление было окутано покровом тайны.

Впервые на небо навёл трубу итальянский ученый Галилей в конце 1609 г. Он услышал о появившихся в Голландии зрительных трубах и решил построить такую трубу сам. В руках Галилея зрительная труба стала астрономическим телескопом.

Как и всякое крупное изобретение, астрономическая труба внесла в науку настоящий переворот. Галилей сделал при ее помощи многочисленные открытия. Именно Галилей установил, что у планеты Юпитера имеются спутники, подобно Луне у Земли. В честь герцогского дома Медичи, правившего Тосканой, где он жил, Галилей назвал открытых им четырех спутников Юпитера Медичейскими планетами.

Значение этого открытия было очень велико, так как наглядно подтверждало правильность учения Коперника. В самом деле, здесь в маленьком масштабе взору человека открывалось как бы подобие планетной системы. Вот что по этому поводу говорит Галилей в написанной им вскоре после этого открытия книге «Звездный вестник».

«Из описанных наблюдений четырех Медичейских планет... мы приобретаем прекрасный аргумент против тех, которые, мирясь в системе Коперника с движением планет вокруг Солнца, настолько смущаются годичным обращением Луны вместе с Землей вокруг Солнца, что отвергают эту мировую систему. Но теперь имеется не только одна планета, но целых четыре, обращающихся вокруг Юпитера и вместе с тем вокруг Солнца».

Почти одновременно с этим Галилей убедился в том, что поверхность Луны покрыта горами и морями. Галилей искренне верил в то, что лунные «морья» наполнены водой так же, как и земные. Мы знаем теперь, что в этом он ошибался, так как лунные «морья» — это просто темные пятна на лунной поверхности. Телескопические открытия Галилея сыграли важнейшую роль в деле борьбы с оппортунистической философией Аристотеля: эти открытия, например, воочию убеждали в том, что «совершенные» с точки зрения Аристотеля и его приверженцев небесные тела имеют пятна, а Луна даже похожа по своему строению на «грешную» Землю.

После этих открытий Галилея теория Коперника стала приобретать себе приверженцев настолько быстро, что уже в 1616 г. «святая» инквизиция сочла необходимым объявить учение Коперника ересью и запретила его. Вот что было сказано по поводу этого учения в церковном указе от 5 марта 1616 г.:

«Утверждать, что Земля не находится в центре вселенной, что она не неподвижна и имеет суточное вращение, — бессмысленно, философски неправильно и является по меньшей мере заблуждением».

Но колесо истории остановить было невозможно, и теория Коперника продолжала свое победное шествие, несмотря ни на какие преследования церковников.

## 9. УСТРОЙСТВО АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ТРУБЫ

Телескопы, построенные Галилеем (рис. 9), были с нашей точки зрения более чем скромными. Первая его труба давала увеличение всего в 3 раза, вторая — в 8 раз, и только третья — в 30 раз.

Именно с этой последней трубой Галилей сделал большинство своих открытий.

Но не только малые размеры галилеевых труб создавали крайне узкий предел возможности применения больших увеличений: сама система их была очень несовершенна. Труба системы Галилея (рис. 10) состоит из большого двояковыпуклого собирательного стекла, называемого объективом, и другого, двояковогнутого, меньших размеров стекла, называемого окуляром. Окуляр и объектив укреплены по концам двух трубок, причем окулярная трубка входит с некоторым трением в трубу с вделанным в нее объективом. Это сделано для того, чтобы путем перемещения окулярной трубки добиваться наилучшей видимости наблюдаемых объектов (наводка на фокус).

Как показал опыт, трубы Галилея не допускали увеличения их размеров: изображение предметов при этом становилось очень неясным. В 1611 г. другой знаменитый астроном Иоганн Кеплер изобрел зрительную трубу другой системы, которая быстро вытеснила трубу Галилея и употребляется и до сих пор.

Мы не ставим себе задачу подробного ознакомления с законами оптики и потому здесь остановимся лишь совсем вкратце на свойствах астрономической трубы Кеплера. Как видно из рис. 11, основным отличием ее от трубы Галилея является то, что окуляр у нее состоит, так же как и объектив, из двояковыпуклого стекла. Объектив служит для собирания лучей, идущих от рассматриваемого объекта. Пройдя сквозь объектив, лучи сходятся в точке, которая всегда обязательно лежит в некоторой определенной плоскости (воображаемой), носящей название главной фокальной плоскости трубы. Поставив в фокальной плоскости матовую полупрозрачную стеклянную пластинку, мы увидим перевернутое изображение светила. Такую пластинку при наблюдениях не ставят, а вместо этого рассмат-

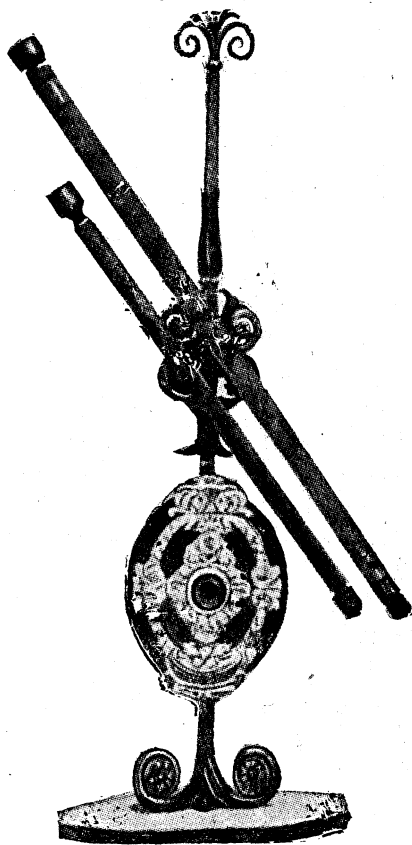


Рис. 9. Астрономические трубы Галилея.

ривают изображение светила сквозь другое увеличительное стекло или лупу, которая и служит окуляром.

Увеличение трубы Кеплера зависит не только от объектива, но и от окуляра. С одним и тем же объективом можно получить различные увеличения. Современные хорошие астрономические трубы всегда снабжаются целым набором окуляров различной силы.

Теоретически говоря, при помощи соответствующего подбора окуляров увеличение каждой астрономической трубы можно брать

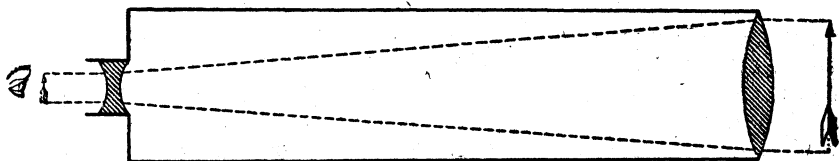


Рис. 10. Система галилеевой трубы.

все большее и большее. На практике же это недостижимо: чем больше увеличение, тем больше сказываются все недостатки объектива, состояние атмосферы (воздушные течения, запыленность) и т. п. В результате можно считать, что наибольшее увеличение, которое целесообразно использовать, не превосходит 20—25 раз на каждый сантиметр диаметра объектива. Таким образом, труба с объективом, имеющим диаметр в 10 см, практически не может дать увеличения больше чем в 200—250 раз. Можно, конеч-

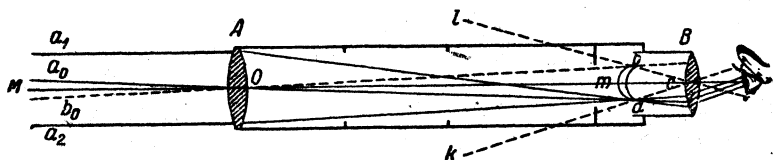


Рис. 11. Система кеплеровой трубы.

но, пробовать применять и более сильные окуляры, но эффект увеличения изображений будет уничтожаться увеличением расплывчатости и неясности изображений.

Труба Кеплера имеет еще одно громадное преимущество перед трубой Галилея. Как раз это свойство ее позволило применить с успехом трубу к измерениям положений светил на небесном своде. Именно, в 1659 г. молодой голландский астроном и физик Гюйгенс обнаружил, что если расположить внутри трубы, между объективом и окуляром, в том ее месте, где проходит фокальная плоскость, какой-нибудь небольшой предмет, то он очень хорошо будет виден одновременно с небесными светилами. Этим Гюйгенс воспользовался для того, чтобы заменить трубой прежнюю

алидаду, которой пользовались астрономы до изобретения телескопа.

Гюйгенс помещал в главной фокальной плоскости трубы Кеплера две паутинные нити, пересекающиеся под прямым углом друг к другу. Нити вырисовывались в поле зрения трубы в виде креста. Таким образом, задача точного наведения трубы на светило теперь свелась к тому, чтобы пересечение креста нитей как раз пришлось на данном светиле.

Этим путем Гюйгенс сразу добился значительного уточнения наблюдений, а это в свою очередь предъявило новые требования к конструкции инструментов. Потребовалось соблюдать особую тщательность при их постройке, чтобы прочность и точность механической части инструментов стала снова отвечать точности оптической части. Но мы к этому еще вернемся.

## 10. ЭВОЛЮЦИЯ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПОСЛЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНОЙ ТРУБЫ

Первые инструменты, в которых прежняя алидада была заменена астрономической трубой, появились во второй половине XVII века. Они мало чем отличались от инструментов Тихо Браге и Гевелия. Это были в сущности такие же секторы, отличавшиеся лишь тем, что были более тщательно сделаны; дерево, еще употреблявшееся в прежних инструментах, было окончательно вытеснено металлом — бронзой и латунью. Сама конструкция стала несколько более легкой, прочность достигалась крепостью конструкции, а не массивностью частей, как прежде.

Однако очень скоро эти меры перестали удовлетворять практиков, так как применение креста нитей позволило наводить трубы на светило с гораздо большей точностью, чем раньше. Грубо разделенные на градусы круги с делениями, или так называемые лимбы, по которым определялось направление на светило, стали заменять кругами с более мелкими тщательно нанесенными делениями. Были изобретены специальные делительные машины, которые позволяли наносить с чрезвычайной точностью тончайшие штрихи делений через абсолютно правильные интервалы.

При этом возникло одно очень серьезное затруднение: слишком частые и тонкие деления становились трудно различимыми. При радиусе круга в один метр деления через 1 минуту ( $1'$ ) должны отстоять друг от друга примерно на  $\frac{1}{10}$  мм. Конечно, при кругах еще больших размеров интервалы между делениями увеличатся. Но постройка больших кругов влекла за собой другие серьезные неудобства: инструменты становились крайне громоздкими, они прогибались от собственной тяжести, сотрясались от порывов ветра; трудно было добиться их достаточной прочности. Поэтому усилия всех конструкторов того времени устремлялись по линии уменьшения размеров инструментов, но, конечно, не за счет потери в точности.



В этой сложной борьбе за каждый лишний миллиметр и секунду точности сразу был найден выход благодаря изобретению гениального по своей простоте приспособления, устроенного в 1631 г. Пьером Вернье (Vernier): оно позволяет делать очень точные отсчеты на лимбах, не нанося на них слишком частых делений. Приспособление это, в честь его изобретателя, носит название верньера. Называется оно также нониусом по имени португальского профессора математики Нунеца (латинизированное — Нониус), давшего идею приспособления (1542 г.).

Для того чтобы отмечать по лимбу направление, в котором была установлена труба при наведении на светило, приходилось

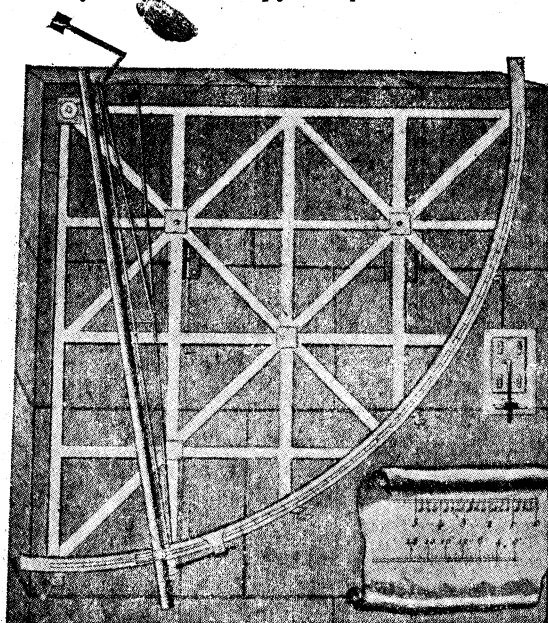


Рис. 12. Стенной сектор с трубой.

поступать одним из двух способов: или лимб оставляли неподвижным (как, например, на стенном секторе, рис. 12), и тогда к трубе прочно прикреплялся указатель, который скользил по лимбу и отмечал деление, против которого стоит труба. Или же, наоборот, лимб соединялся неразрывно с трубой, и при поворотах трубы двигался вместе с ней; тогда указатель был неподвижным. Самый указатель устраивался или в виде стрелки с острым концом, или, что было удобнее, просто в виде пла-

стинки, плотно прилегающей к лимбу; на ней был нанесен один штрих. Деление лимба, против которого оказывался этот штрих, указывало положение трубы. Если же штрих при наведении трубы не совпадал в точности с каким-либо делением, дробные части промежутка между делениями учитывали на-глаз.

Подобная оценка на-глаз не могла быть особенно точной и сильно зависела от чисто индивидуальных свойств наблюдателя. Заслуга Вернье и состоит именно в том, что он гениально просто рационализировал и облегчил это оценивание.

Поясним устройство верньера на примере. Допустим, что на лимбе деления идут через каждый градус, мы же хотим делать отсчеты с точностью до  $\frac{1}{10}$  доли градуса. Для этого на пластинке

указателя наносится не один штрих, а 10 или немного более. При этом 10 штрихов указателя соответствуют девяти делениям лимба. Таким образом каждый промежуток на указателе или верньере ровно на  $\frac{1}{10}$  короче одного промежутка на лимбе.

Верхняя половина рис. 13 изображает деления лимба, а нижняя верньер. Если бы нулевой штрих верньера, отмеченный цифрой 0, стоял в точности против штриха, отмеченного цифрой 10 на лимбе, то десятый штрих верньера должен был бы стоять против девятнадцатого штриха на лимбе. Остальные штрихи верньера не совпадали бы ни с одним штрихом лимба.

Допустим теперь, что нулевой штрих верньера передвинулся вправо на  $\frac{1}{10}$  деления. Тогда, очевидно, будут совпадать первый штрих верньера с одиннадцатым штрихом лимба. Если верньер передвинется на  $\frac{2}{10}$  деления, то совпадут второй и двенадцатый штрихи, и т. д.

Теперь уже легко сообразить, как пользоваться верньером для «чтения между делениями» лимба. Допустим, что при наводке

трубы нулевой штрих верньера встал в промежутке между десятым и одиннадцатым делениями лимба. Скольким же десятым долям деления лимба соответствует сдвиг вправо нулевого штриха верньера? Для этого нужно установить, какой из штрихов

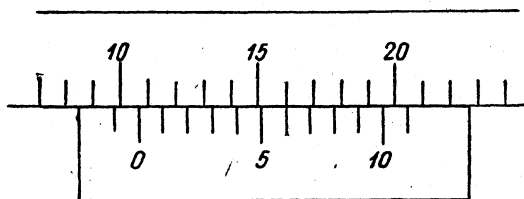


Рис. 13. Устройство верньера.

верньера пришелся в точности против какого-нибудь штриха на лимбе. Допустим, как это и изображено на нашем рисунке, что шестой штрих верньера совпадает с каким-то, для нас не важно скаким именно, штрихом лимба. Это означает, что нулевой штрих сдвинут вправо от десятого штриха лимба на  $\frac{6}{10}$  одного деления. Следовательно, в данном случае направление трубы соответствует  $10^{\circ}.6$ , то-есть  $10^{\circ} 36'$ .

Еще большей точности при помощи верньера можно достигнуть, деля на верньере промежутки, соответствующий  $9^{\circ}50'$  ( $590'$ ), на 60 частей. В этом случае каждое деление верньера составляет  $\frac{59}{60}$  каждого деления лимба, т. е. короче его на  $\frac{1}{60}$ . Такой верньер позволяет по лимбу, разделенному на градусы, точно отсчитывать  $\frac{1}{60}$  градуса, т. е. одну минуту. А это является уже значительным достижением. Как показывает практика, верньер с успехом может применяться для оценки долей деления лимба от десятой до сотой доли деления.

Еще лучших результатов можно добиться при помощи микроскопа с так называемым микрометром (рис. 14). С этим приспособлением можно отсчитывать даже тысячные доли интервалов на лимбе.

Микрометром в астрономии называется небольшая прямоугольная тонкая рамка, внутри которой может скользить взад и вперед подвижная рамка. Движение подвижной рамки совершается при помощи очень тонко и тщательно нарезанного винта. Ввинчивая винт, мы двигаем подвижную рамку в одну сторону, а вывинчивая — в другую. На неподвижной рамке укреплены две взаимно перпендикулярные нити *a* и *b*. На подвижной раме поперек хода винта укреплена нить *c*, параллельная нити *a*.

Микрометр присоединяют к микроскопу так, что нити оказываются резко видимыми в поле зрения, когда микроскоп направлен на деления лимба. Обычно винт так рассчитывается, чтобы один полный оборот его головки соответствовал в точности пере-

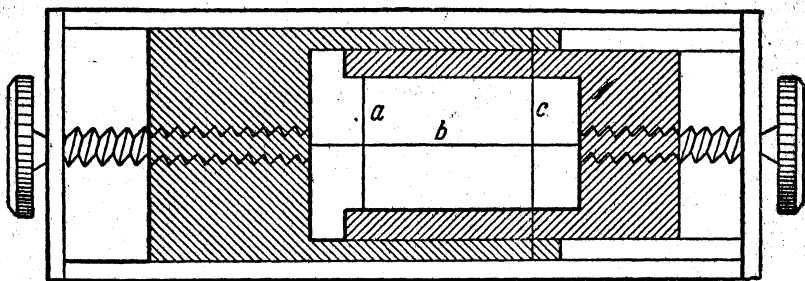


Рис. 14. Микрометр.

мещению подвижной нити на одно деление лимба. При помощи специальных приспособлений можно точно отсчитывать части оборота винта и отмечать его положение.

Роль указателя в микрометре играет поперечная к ходу винта неподвижная нить. Если при наведении трубы эта нить встала между какими-нибудь двумя делениями лимба, то, для измерения ее положения, поворотом микрометрического винта заставляют подвижную нить совместиться с неподвижной и замечают положение, занимаемое головкой винта. Затем поворотом винта перемещают подвижную нить до совпадения с штрихом лимба и снова замечают положение винта. Разность этих двух положений и показывает расстояние указателя от штриха лимба, т. е. положение трубы.

Изобретение верньера и микрометра революционизировало конструкцию астрономических инструментов. Оказалось возможным уменьшить размеры их во много раз, не только не уменьшая, но, наоборот, увеличивая их точность. Ведь, как легко сообразить, верньер и микрометр равносильны по своему эффекту тому, как если бы размеры лимба увеличились в 100 и 1000 раз. Другими словами, работая с верньером на инструменте, диаметр лимба которого равен, скажем 1 м, мы достигаем такой же точности, какой достигли бы без верньера на инструменте с диаметром

лимба в 100 м. Это ли не разница? Да при том же круг диаметром в 100 м практически, конечно, неосуществим.

Микрометр нашел очень разнообразное применение в астрономии, и потому нам придется еще вернуться к нему. А теперь посмотрим, как стали выглядеть астрономические инструменты после этих замечательных изобретений.

## 11. ОЛАФ РЁМЕР

Выше мы уже отметили, что и после изобретения телескопа продолжал сохраняться тип кругового сектора, отличавшийся от секторов Тихо Браге, Гевелия и их современников тем, что алидада с диоптрами (приспособления для прицела) заменена была зрительной трубой. В стремлении добиться большей их устойчивости была использована также идея стенных секторов, но это не давало надежных результатов.

Дальнейшими успехами в области наблюдательной астрономии мы обязаны в значительной степени датскому астроному Олафу Рёмеру (1644—1710 гг.).

Деятельность Рёмера протекала уже при несколько иных условиях, чем жизнь его знаменитого предшественника и соотечественника Тихо Браге. К этому времени уже достигли значительного могущества французская и английская монархии, объединившие под своей властью множество мелких княжеств, герцогств и других владений, ранее имевших самостоятельность. Стремясь объединить управление всей хозяйственной, политической и культурной жизнью своих народов, эти монархии ставили перед собой большие общегосударственные задачи. В частности, Франция приступила к грандиозным по тому времени работам по составлению географических карт. Эти большие геодезические работы не могли быть проведены без содействия астрономии. В качестве базы этих работ при короле Людовике XIV в 1671 г. была основана первая в Европе государственная астрономическая обсерватория в столице Франции Париже.

У соседки и соперницы Франции, Англии, также были неотложные задачи, которые требовали создания своей астрономической обсерватории. Обладавшая в то время уже могущественным флотом и разбросанными по всему земному шару колониями, Англия была чрезвычайно заинтересована в том, чтобы обеспечить кораблям возможность точного определения своего местонахождения в неизвестных местах и в открытом море. Поэтому в 1674 г. в Лондон был приглашен французский астроном и геодезист Сент Пьер. Специальная комиссия с его участием представила королю Карлу II доклад о точном способе определения географической долготы.

При этом оказалось, что английские суда не могли на практике применить предложенный Сент Пьером способ, так как имевшиеся в то время каталоги звездных координат были недостаточно точны.

Тогда Карл II издал указ, согласно которому необходимые звезды должны были быть «снова наблюдаемы, исследованы и исправлены для нужд моряков его величества». Для осуществления этой работы в 1675 г. и была основана неподалеку от Лондона в деревне Гриниче обсерватория. Первым ее директором был назначен очень способный молодой астроном Джон Флемстид, получивший при этом звание «королевского астронома». Это звание и поныне сохраняется за директорами Гриничской обсерватории.

Первое время обсерватория влачила довольно жалкое существование. Отпускавшаяся ежегодно сумма в 100 английских фунтов (около 1000 рублей по довоенному курсу) должна была компенсировать все расходы, в том числе и приобретение новых инструментов. «Королевский астроном» был единственным сотрудником обсерватории.

Гриничская обсерватория постепенно выросла в одну из самых значительных обсерваторий мира. Причина этому ясна: обсерватория имела совершенно ясную народнохозяйственную задачу, которую никто кроме нее не мог решать.

Первыми астрономами Парижской обсерватории были французы Пикар и Озу, к которым присоединился итальянец Жан Кассини, приглашенный Людовиком XIV. Каждый из этих астрономов был выдающимся ученым. Пикар и Озу были первыми в Европе геодезистами крупнейшего масштаба, а Кассини был основателем нового в астрономии направления, которое ставило своей задачей изучение физического строения небесных светил.

В 1672 г. Пикар поехал для производства геодезических работ на остров Хвен, на место прежней обсерватории Тихо Браге. Там он встретился с молодым Олафом Рёмером, которого и привлек к себе в качестве ассистента, а затем пригласил приехать в Париж.

Парижская обсерватория, ставшая сразу же после своего возникновения мировым центром астрономической мысли, сообщила Рёмеру тот широкий кругозор, которым отличалась его последующая научная деятельность. К тому же Пикар и Озу сами были первоклассными конструкторами астрономических инструментов.

Проработав в Париже до 1681 г., Рёмер вернулся к себе на родину, куда его пригласил король Христиан V, прослышавший о славе своего подданного. В Копенгагене Рёмер стал таким же «придворным» астрономом, каким был в свое время Тихо Браге. Это было его ошибкой. Хотя ему уже и не было нужды предсказывать судьбу короля по звездам, как это приходилось делать Тихо Браге, но зато он должен был заведывать монетным двором и инспекторовать арсеналы и морские порты. Кроме того, он руководил рытьем колодцев и устройством фейерверков в дни придворных праздников.

Другими словами, деятельность Рёмера, как астронома, в Дании не имела практической базы. От этого понятна печальная судьба, постигшая его работы.

При жизни Рёмера все было хорошо: король отпустил средства на постройку обсерватории, в которой, согласно желанию самого Рёмера, «здание приспособлялось к инструментам, а не инструменты приспособлялись в фасаду здания». Этими словами Рёмер намекал на Ураниборг Тихо Браге и на увлечение последнего роскошью отделки. После смерти Рёмера все его дело пошло прахом.

Уже в следующем году после его смерти обсерватория была разрушена ураганом. Правда, инструменты Рёмера и его бумаги были перенесены, хотя и в поврежденном виде, в другое место. Но в 1728 г. страшный пожар уничтожил «круглую башню», в которой хранились результаты работ Рёмера. Почти все, за исключением двух второстепенных инструментов, да записей о трех вечерах наблюдений, погибло в огне.

Если мы прибавим к этому, что и наблюдения Гевелия постигла такая же точно участь (гибель в огне), то для нас будет ясно, что этот конец далеко не был чистой случайностью. В Дании, в этом мелком помещичье-кулацком государстве, не было почвы для создания астрономической обсерватории. Результаты же наблюдений Рёмера не хранились, а валялись никому не нужные и забытые. Немудрено, что огонь их уничтожил.

## 12. ИНСТРУМЕНТЫ РЁМЕРА

По единогласному мнению специалистов в области астрономического инструментостроения, Рёмер был создателем большинства основных типов современных астрономических инструментов. Он настолько опередил своих современников, что многие из его глубоких конструкторских идей нашли свое признание лишь через сто и более лет после его смерти.

Рёмер совершенно правильно отметил, что сектор никогда не может дать такой устойчивости, как простая труба, насаженная на солидную ось в центре своей тяжести и могущая вокруг нее вращаться. Даже стенной сектор не дает всей возможной точности: ось, на которой поворачивается труба, входит внутрь стены. При этом получается несимметрическое распределение усилий оси. В результате труба не остается при своем вращении все время в точности в одной плоскости, как это требуется. Именно поэтому Рёмер первый стал подвешивать трубу на ось, покоящуюся на двух опорах.

Этот принцип был применен Рёмером в полной мере в инструменте, названном им «домашней машиной», которая изображена на рис. 15. Это название инструмента объясняется тем, что он был установлен непосредственно в жилом помещении, в амбразуре окна. Труба насажена на солидную ось, наблюдатель же, поворачивая трубу, даже не касается ее руками: он управляет ею при помощи штанги, прикрепленной не к трубе, а к оси. Круг с делениями (вернее, часть круга) находится совсем в стороне (внизу

справа). Вместо указателя имеется небольшой микроскоп, укрепленный на прочной штанге, насаженной на ось.

Труба имеет своеобразную форму, похожую на два соединенных основаниями конуса. Эта форма была придана трубе Рёмером для того, чтобы свести до минимума прогиб трубы от собственной тяжести. На трубе видна укрепленная на небольшой подставке лампочка, закрытая колпачком: она служит для освещения сетки нитей в поле зрения трубы.

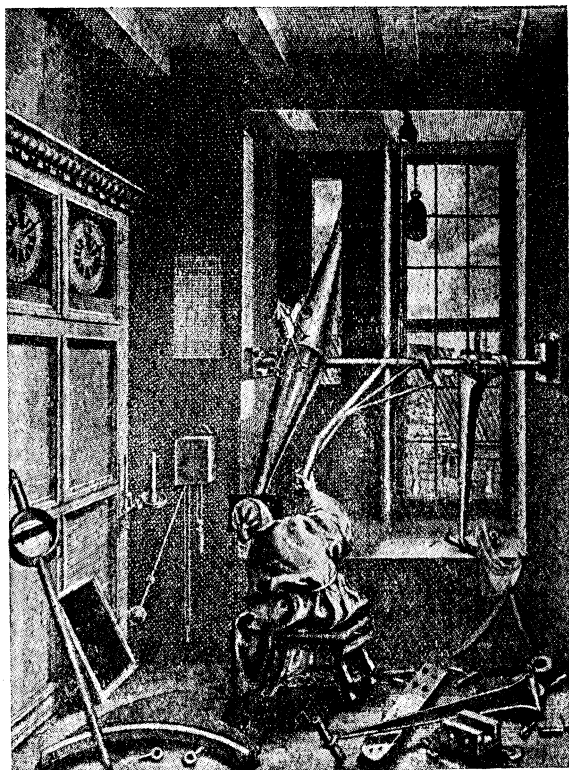


Рис. 15. «Домашняя машина» Рёмера.

В средней части ось подтягивается кверху перекинутым через блок грузом. Это сделано для того, чтобы противодействовать прогибу оси и давлению ее на опоры.

Еще более совершенной является конструкция следующих двух инструментов, которые Рёмер назвал меридианным кругом и равноденственным инструментом. На рис. 16 меридианный круг располагается слева, равноденственный инструмент — справа.

Основной частью меридианного круга является стальная очень прочная ось, опирающаяся своими концами на массивные каменные подставки — столбы. На эту ось надет достаточно прочный железный круг с делениями. Во избежание каких бы то ни было прогибов и искривлений, круг подкреплён, с одной стороны, концентрическим внутренним кругом, придающим всей конструкции большую жесткость и, с другой, — специальными штангами, подпорками.

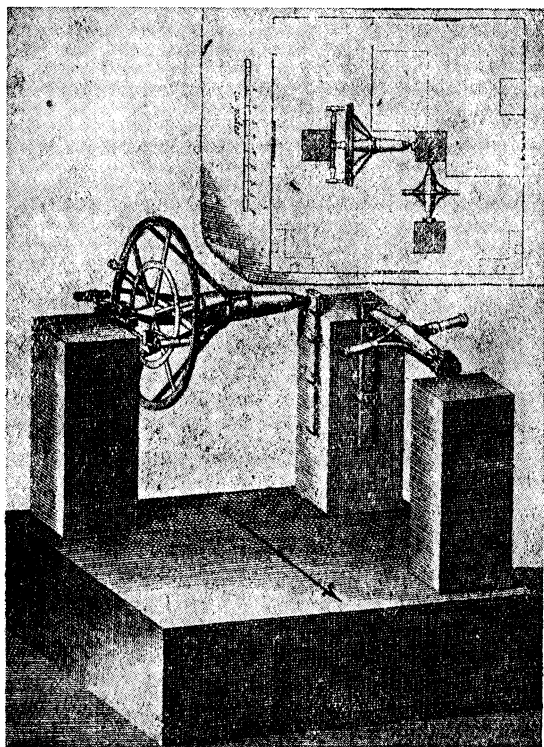


Рис. 16. Меридианный круг Рёмера.

На наружном железном круге наварена латунь, на которой и нанесены деления: латунь позволяет наносить более резкие штрихи, благодаря своей большей мягкости по сравнению с железом, а, кроме того, она не так подвержена действию сырости.

Деления круга отсчитываются при помощи микроскопов, неподвижно укрепленных на столбе. Микроскопов этих не один, а два; исследование при их помощи дает возможность немедленно обнаружить как прогиб оси, так и всякое несовпадение центра лимба с геометрической осью вращения инструмента.



Сама зрительная труба очень небольшая. Она неподвижно связана с кругом и сделана настолько легкой, что сводит до минимума опасность прогиба. Прибор был так установлен, что труба всегда оставалась в плоскости меридиана.

Еще более интересен второй инструмент. Он предназначался для определения момента прохождения звезд, движущихся по небу через вертикальную плоскость, перпендикулярную плоскости меридиана, т. е. через так называемый первый вертикал, идущий с востока на запад через зенит.

Точное направление первого вертикала отмечалось протянутой в поле зрения трубы вертикальной нитью. Следовательно, наблюдения с этим инструментом давали возможность отмечать момент, когда звезда, двигаясь по небу с востока на запад, пересечет эту нить.

Очевидно, что к этой трубе нет необходимости придавать никаких лимбов и указателей. Их и не было у нее на самом деле. Здесь проявилась идея Рёмера о возможном упрощении инструментов: инструмент строится для определенной узкой задачи и все лишние части с него поэтому снимаются.

Как мы далее увидим, меридианный круг Рёмера является прообразом современного меридианного круга, очень распространенного и поныне и по существу мало отличающегося от рёмеровского. Точно так же равноденственный инструмент Рёмера является прообразом современного пассажного инструмента.

С современной точки зрения Рёмеру можно сделать упрек лишь в том, что он не установил оба инструмента совершенно независимо один от другого.

Рёмер не ограничивался только тем, что стремился свести до минимума ошибки своих инструментов. Он отдавал себе отчет в том, что полностью уничтожить все ошибки невозможно, да и нецелесообразно с конструкторской точки зрения. Какую-нибудь ошибку, например, гнутие трубы, можно было бы свести практически до нуля, но зато ценой того, что труба будет чрезвычайно тяжелой и громоздкой, а это приведет к другим ошибкам, например, к прогибу оси, быстрому изнашиванию опор осей и т. д.

Стремясь уменьшить ошибки, Рёмер в то же время считался с тем, что любой инструмент от них не свободен, и потому сконструировал целый ряд специальных вспомогательных приборов и приспособлений, которые служат исключительно для исследования ошибок инструмента. Рёмер правильно считал, что ошибка инструмента, если мы ее знаем, уже не опасна, так как ее всегда можно учесть.

Если одна чашка весов, например, тяжелее другой, то взвешивание на таких весах сопряжено с ошибкой. Однако, если нам известно, какая именно чашка тяжелее и на сколько, то мы можем при взвешивании принять во внимание эту ошибку. Так и в астрономических приборах: в меридианном круге труба всегда немного выходит из плоскости меридиана, так как идеального совпаде-

ния добиться невозможно. При помощи некоторых довольно несложных приспособлений это отклонение можно обнаружить, а, следовательно, учесть в результатах наблюдений.

Все эти идеи Рёмера прочно вошли в современную астрономию и составляют основу того ее отдела, которой занимается задачей точного определения координат светил, т. е. так называемой а с т р о м е т р и и (от греческого слова «метрео» — меряю).

### 13. АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ТРУБЫ XVI—XVII СТОЛЕТИЙ

Основным недостатком первых телескопов было то, что они обладали, как говорят, очень маленьким полем зрения. Другими словами, область неба, одновременно видимая в трубу, была слишком мало. В такую трубу трудно было найти на небе нужную звезду. Это и понятно: раз у трубы малое поле зрения, то в нее можно одновременно видеть всего несколько звезд, а при таких условиях очень трудно установить, те ли это звезды, которые нужны, или нет.

С другой стороны, даже если нужная звезда «поймана», то вследствие суточного движения небесного свода она быстро уходит за пределы поля зрения. Малейшее движение самой трубы также выводит звезду из поля зрения, и ее снова приходится искать.

Для улучшения трубы пытались увеличивать диаметр объектива. Но на этом пути встретилось непреодолимое препятствие в виде быстро усиливавшейся аберрации.

Аберрация различается с ф е р и ч е с к а я и х р о м а т и ч е с к а я. Сферическая аберрация состоит в том, что лучи светила, пройдя через более близкие к краям объектива его части, сходятся вместе в более близких к линзе плоскостях, чем лучи, прошедшие поблизости от середины объектива. Вследствие этого трубу никак нельзя установить на фокус, т. е. добиться совершенно ясного изображения. Если мы добьемся схождения центральных лучей, то не сойдутся краевые, и наоборот. Чем больше диаметр объектива, тем сферическая аберрация сильнее.

В результате х р о м а т и ч е с к о й аберрации дают о себе знать лучи разных цветов, идущие от светила: синие лучи более сильно преломляются в объективе, чем красные. Если отрегулировать трубу на ясное зрение для синих лучей, то не сойдутся красные лучи и наоборот. Вследствие этого всякий наблюдаемый в трубу предмет будет окружен цветным ореолом, красным или синим, в зависимости от того, как поставлен окуляр трубы. Хроматическая аберрация, подобно аберрации сферической, увеличивается при увеличении размеров объектива.

Опыты убедили, что выгоднее строить трубы, обладающие очень длинным фокусным расстоянием, т. е. расстоянием между объективом и фокальной плоскостью. Астрономические трубы стали изготовлять все более длинными, причем толщина их оставалась неизменной. Но чем длиннее была труба, тем труднее

было производить наблюдения. Такие трубы приходилось подвешивать на канатах к высоким мачтам: наводить их было задачей далеко не легкой. Между тем, эта крайне неудачная в конструктивном отношении идея настолько прочно вошла в астрономическую практику, что мачта стала неотъемлемой принадлежностью каждой обсерватории конца XVII века.

Очень длинные трубы строить было невозможно из-за возраставшего их веса. Поэтому вместо труб стали строить легкие, брусчатые, длинные и узкие рамы (рис. 17), на концах которых укрепляли объектив в окуляр, а в промежутке между ними располагали целый ряд диафрагм, т. е. тонких пластинок с круглым

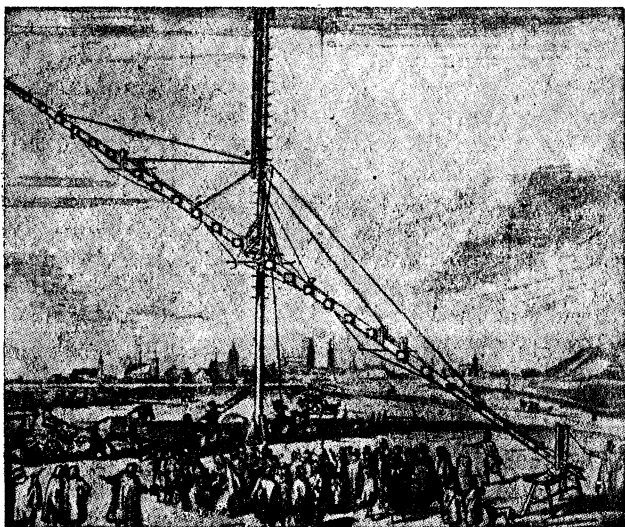


Рис. 17. Длиннофокусный телескоп без трубы, построенный Гевелием.

вырезом, соответствующим диаметру объектива. Назначение диафрагм состояло в том, чтобы задерживать падающий с боков в трубу свет.

Когда длина телескопов стала достигать 70—80 и даже 100 м, стали отказываться даже от рамок. В этом случае объектив укреплялся в небольшой оправе на карнизе, поблизости от крыши здания обсерватории, или же на специальных высоких вышках, а наблюдатель с окуляром в руках старался расположиться так, чтобы желаемое светило оказалось в створе с объективом и окуляром (рис. 18). Для того чтобы добиться этого, требовалась исключительная ловкость и быстрота, так как светило быстро уходило из поля зрения, а дрожание окуляра в руках крайне мешало наблюдениям.

Нужно просто удивляться тому, как с такими телескопами ухитрялись не только наблюдать, но и делать важные астрономические

открытия. Достаточно указать на открытие Гюйгенсом и Кассини спутников Сатурна и строения колец этой планеты.

Идея длиннофокусных телескопов быстро себя исчерпала. В первой половине XVIII столетия астрономы отошли от астрофизических наблюдений. Астрономические наблюдения при помощи все более совершенных меридианных кругов, пассажных инструментов и других приборов на время целиком вытеснили

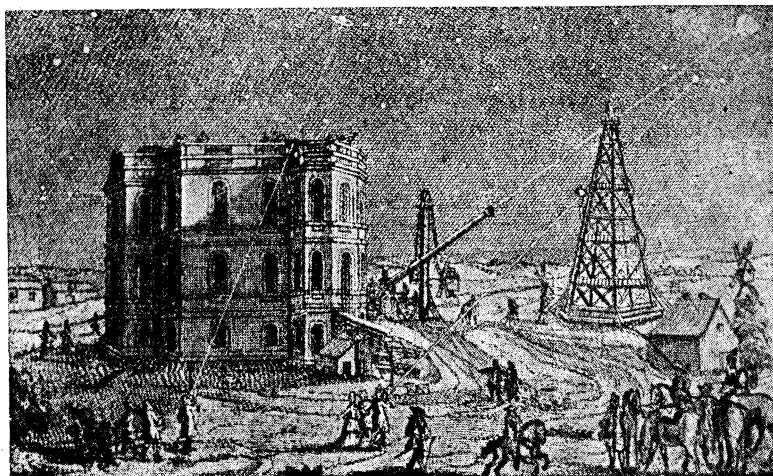


Рис. 18. Старинная гравюра, изображающая Парижскую обсерваторию в конце XVII века. Позади здания обсерватории и вправо от него видна мачта с длиннофокусным телескопом без трубы. Еще правее на пирамиде установлен объектив другого «воздушного» телескопа. Окулярную часть держит в руках наблюдатель, стоящий на поверхности земли. Объектив третьего телескопа находится на карнизе здания.

все другие виды наблюдений. Центром астрономической науки стала Гринвичская обсерватория, прославленная работами выдающихся наблюдателей Флемстида, Галлея и Бадделя.

#### 14. АХРОМАТИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТИВЫ

Эпоха некоторого застоя была преддверием к новому гениальному техническому открытию в области устройства телескопов, которому суждено было совершить новую революцию в астрономии. Мы имеем в виду изобретенный в Англии в первой половине XVIII века так называемый ахроматический телескоп.

Еще Гюйгенс показал, что, подбирая соответствующим образом поверхность линзы (делая ее не сферической) или сочетанием двух линз, можно добиться практически полного уничтожения сферической аберрации. Однако хроматическая аберрация этим

нисколько не ослаблялась. Постепенно создалось убеждение, что это вообще невозможно сделать. Эту точку зрения защищал и Исаак Ньютон (создатель теории всемирного тяготения).

Однако в 1758 г. английский оптик Джон Доллонд изготовил зрительную трубу, которая, «имея длину в 5 футов, давала тот же самый результат, как и обычная труба длиной в 15 футов». Укорочения трубы Доллонд достиг тем, что значительно ослабил хроматическую aberrацию, изготовив для трубы объектив не из одного, а из двух р а з л и ч н ы х стекол, сложенных вместе (рис. 19). Такой объектив называется ахроматическим. Состоит он из одной двояковыпуклой и одной выпукло-вогнутой линзы, чуть-чуть выпуклой в сторону окуляра. Эти линзы сделаны из стекла разного состава.

Действие первой линзы состоит в том, что она отклоняет упавшие на ее поверхность лучи и заставляет их пересечься между собою. Как мы уже знаем, вследствие хроматической aberrации

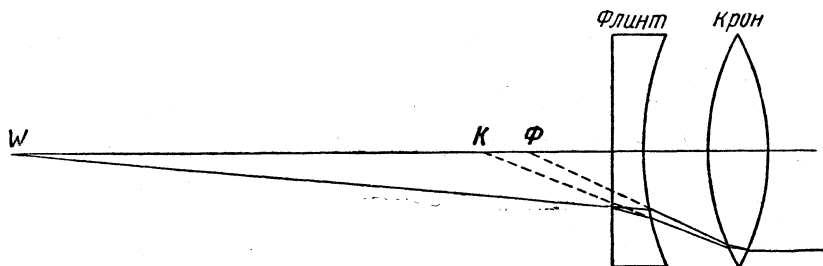


Рис. 19. Ахроматический объектив.

синие лучи пересекаются ближе к объективу, а красные — дальше. Вторая линза заставляет лучи, наоборот, расходиться, причем синие лучи больше, чем красные. Таким образом, если поместить эти две линзы, как это сделал Доллонд, одну после другой, то вторая линза будет как бы нейтрализовать действие первой.

Идея, примененная Доллондом, состояла именно в том, чтобы линзы изготовить из двух р а з л и ч н ы х сортов стекла: первую из обычного, так называемого к р о н о в о г о стекла, из которого раньше делали длиннофокусные объективы, по необходимости обладающие хроматической aberrацией. Вторая же линза сделана из другого сорта тяжелого стекла, так называемого флинта, содержащего в своем составе свинец. Это стекло преломляет лучи столь же сильно, как кроновое стекло, но рассеивает их вдвое сильнее. Подбирая форму этих двух линз, можно добиться того, чтобы рассеяние света в них взаимно уничтожалось, а преломление оставалось. Другими словами, можно добиться того, чтобы лучи продолжали пересекаться между собой, правда, примерно вдвое дальше от объектива, чем если бы второй линзы не было, а хроматическая aberrация при этом ослабевала.

Совершенно устранить всякие следы хроматической аберрации даже при помощи такого сложного объектива невозможно. Можно ее лишь значительно ослабить. В некоторых современных объективах, особенно применяемых при фотографировании, употребляют не две, а три, четыре и даже больше соединенных вместе линз. В них хроматическая (а заодно и сферическая) аберрация сведена до ничтожных следов. Но в истории астрономии новую эпоху открыли не эти сложнейшие объективы, представляющие собой последнее слово современной нам техники, а та самая еще несовершенная труба Доллонда, о которой мы только что говорили.

С изобретением ахроматической трубы техника астрономических приборов пошла вперед особенно быстро. К началу XIX века астрономические и астрофизические (в том смысле, как мы это указали выше) инструменты приняли форму, которая очень мало отличается от современной. Таким образом, скромное на первый взгляд нововведение Доллонда произвело снова настоящий переворот в астрономической технике.

Значение его этим, однако, не исчерпывается. Во второй части первой книги своей «Оптики» Ньютон отстаивал мысль о невозможности отклонить при помощи каких-либо призм или линз лучи света без того, чтобы не разложить их на составные цвета спектра. Доллонд опытным путем показал, что это неверно: поставив на пути пучка света две стеклянные призмы, из которых одна была полый внутри и наполнена водой, он обнаружил, что при определенном расположении призм луч света отклоняется, оставаясь совершенно белым, а при другом их расположении, наоборот, разлагается на цвета спектра, оставаясь параллельным самому себе. Оставалось только подобрать такой сорт стекла, который мог бы заменить стеклянную призму, наполненную водой, игравшей существенную роль в его опыте. Такое стекло Доллонд вскоре нашел и тем самым получил возможность строить свои ахроматические объективы.

Сам Доллонд, как самоучка-практик, не мог создать никакой теории для объяснения результатов своего опыта, а действовал лишь наощупь, путем проб. Между тем, создание теории было очень важно, так как должно было помочь при определенных материалах построить наилучший возможный объектив. Поэтому не удивительно, что этим вопросом, который быстро приобрел широкую известность, занялись такие выдающиеся математики и физики, как Клеро, Даламбер, Эйлер, а немного позже Джон Гершель и великий математик Гаусс. Они создали полную теорию ахроматического объектива, т. е. объяснили его причину, указали, как зависят его свойства от формы и сорта стекла линз, а также от их взаимного расположения. Это позволило им указать те условия, которым должны удовлетворять линзы, чтобы получился возможно лучший объектив.

На основании этих теорий современные оптики заранее знают, чего они могут добиться от имеющихся у них стекол и могут

рассчитать как форму, так и размеры объектива в зависимости от тех условий, которым он должен удовлетворять. Это, разумеется, освобождает их совершенно от необходимости делать какие-либо пробы при изготовлении объективов и тем самым экономит массу времени. Так техническое открытие послужило толчком для развития теории, а развитие последней, в свою очередь, толчком к дальнейшему развитию техники.

## 15. СОВРЕМЕННЫЕ РЕФРАКТОРЫ

Рефрактором называется астрономическая труба, устроенная так, как было описано: она помещается на штативе, дающем возможность направлять ее на любую точку неба.

Отношение длины трубы к диаметру объектива у современных рефракторов примерно одинаково: оно заключается между 15 и 20. Таким образом, размер трубы целиком определяется поперечником ее объектива или, как часто говорят астрономы, отверстием трубы.

После изобретения ахроматического объектива развитие рефракторов еще задерживалось в течение некоторого времени главным образом тем, что не была сконструирована подходящая установка, которая дала бы возможность легко и точно наводить трубу. Вторая задача состояла в том, чтобы после наведения трубы не давать светилу, перемещающемуся вследствие суточного вращения небесного свода, уйти из поля зрения.

Передвигать трубу от руки крайне неудобно. Поэтому, еще начиная с XVII столетия, делались попытки это передвижение механизировать при помощи часового механизма. Самой подходящей для этой цели является **экваториальная установка рефрактора**.

Наиболее распространенным типом экваториальной установки является так называемая немецкая установка, впервые детально разработанная в начале XIX столетия Фраунгофером (1787—1826). Знаменитый физик, известный своими открытиями в области спектрального анализа, был в то же время самым искусным и наиболее известным оптиком-механиком. Он построил целый ряд первоклассных астрономических инструментов, обесмертивших его имя не менее, чем его спектроскопические открытия.

Основными частями немецкой установки является прочный штатив, на котором укреплена наклонно к горизонту массивная ось. Эта ось направлена параллельно оси вращения Земли. На верхний конец этой оси (она называется **часовой осью** по причине, о которой мы скажем дальше) насажена головка и через эту головку проходит вторая ось, перпендикулярная первой. Вторая ось носит название **оси склонения**. С одной стороны на ось склонения надета труба, а с другой — груз, уравнивающий вес трубы. При таком устройстве установка находится в равновесии при любом положении трубы и, таким

образом, всякий поворот даже большого телескопа обычно производится очень легко. Один человек легко поворачивает трубу, весящую много десятков килограммов.

Каждая ось снабжена лимбом, деления которого указывают положение трубы. Сперва устанавливают трубу на соответствующее деление круга оси склонений (если известны координаты светила). Затем при помощи особого зажима закрепляют трубу на этой оси. Теперь, следовательно, труба может поворачиваться только вокруг часовой оси. Поворачивая трубу, наблюдатель устанавливает ее на нужное деление круга или смотрит непосредственно в трубу, пока в поле зрения не появится нужное светило.

В больших рефракторах поле зрения бывает обычно недостаточно велико. Невозможно поэтому так точно поставить трубу по кругам, чтобы нужное светило оказалось сразу в поле зрения. Поэтому для облегчения наведения устанавливается связно с большой трубой еще параллельная ей небольшая трубка, называемая искателем. Искатель обладает очень большим полем зрения и поэтому, даже при грубом наведении трубы по кругам, нужное светило обязательно окажется в его поле зрения. Теперь, при помощи особых винтов, медленно меняющих положение трубы по отношению к обеим осям, надо подвести звезду к пересечению креста нитей, натянутых в поле зрения искателя. В этом случае светило окажется как раз в центре поля зрения и самого рефрактора; именно с таким расчетом отрегулирована установка искателя с крестом нитей в нем.

После того как труба наведена на светило, ее закрепляют и в направлении часовой оси. Теперь труба будет оставаться совершенно неподвижной, и потому естественно, что вследствие суточного движения небесного свода светила, находящиеся в ее

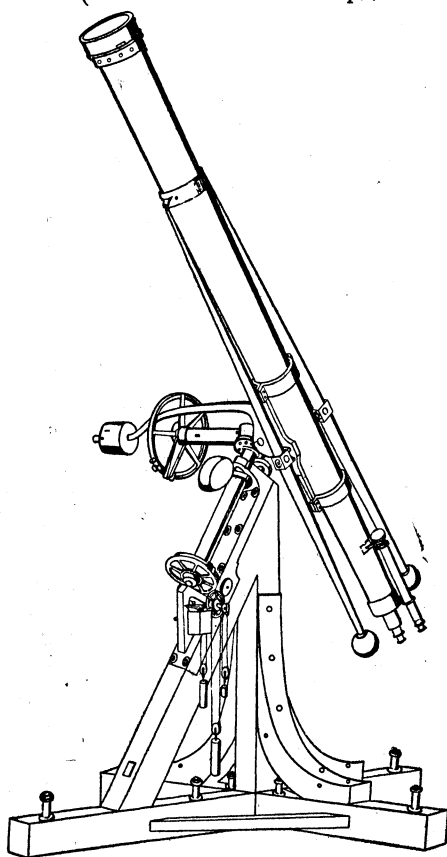


Рис. 20. Рефрактор Фраунгофера.



Это движение сообщается трубе довольно простым часовым механизмом, который приводится в движение, как и в обычных часах, тяжелой гирей. В отличие от обычных часов, скорость хода которых регулируется маятником, в часовом механизме рефракторов применяется особый регулятор, обеспечивающий механизму совершенно плавный ход. Как известно, обычные часы идут не плавно, а скачками, совершаемыми при каждом взмахе маятника зубчатыми колесами механизма и связанными с ними стрелками. Такое устройство двигателя непригодно для

Поэтому здесь поступают обычно так: при помощи тяжелого груза, перекинутого на цепи через вал, заставляют вращаться систему сцепленных между собой зубчатых колес, передающих быстрое вращение стержню с нарезанным на нем бесконечным винтом (рис. 21). В нарезки этого винта входят зубцы зубчатого колеса и, таким образом, вращение бесконечного винта сообщает вращение этому колесу. Это же колесо, в свою очередь, имеет своей осью часовую ось рефрактора. Чтобы обеспечить равномерность вра-

42

Остается теперь сказать несколько слов о башнях, в которых помещаются телескопы. Обычно башни бывают невысокими.

На прочном фундаменте устраивается круглая стена высотой в 3—5 м. На этой стене, вдоль, по ее верху, прокладывается стальной рельс, по которому катается целый ряд тележек, несущих на себе железный купол. В этом куполе имеется узкий длинный прорез или люк, могущий по желанию открываться и закрываться. При посредстве электромотора, поворачивающего купол, люк может быть установлен в направлении исследуемого светила.

Первым рефрактором, по своей конструкции приближающимся к современному типу, был телескоп, построенный в 1824 г. уже упоминавшимся нами знаменитым оптиком и физиком Фраунгофером для обсерватории в Дерпте (теперь это эстонский город Тарту). Фраунгофер с гордостью писал о том, что он может в этом телескопе свободно читать газету «Журналь де Пари», помещенную на расстоянии 700 м. Диаметр объектива был равен 24 см, а длина трубы около 4.5 м.

Для своего времени этот инструмент был прямо чудом оптики и механики; особенно замечательной его частью является его установка, в которой простота сочетается с тонкостью расчета. Но наиболее совершенным и глубоко рассчитанным является последовательно проведенное в нем устранение вредного трения и давления на опоры со стороны трубы, что сделано при помощи весьма остроумной системы противовесов.

В 1839 г. преемником Фраунгофера Мерцем была закончена постройка знаменитого телескопа Пулковской обсерватории с диаметром объектива в 15 дюймов (38 см). Этот телескоп свыше 25 лет сохранял за собой пальму первенства не только в смысле размеров, но и в смысле высокого качества работы. Он до сих пор является одним из выдающихся инструментов этой крупнейшей обсерватории. Оптика его, т. е. качество объектива, такова, что, когда в начале этого столетия для организовывавшегося в Германии музея оптики хотели приобрести старый объектив этого телескопа в обмен на новый, изготовленный при помощи самых усовершенствованных методов, Пулковская обсерватория предпочла отклонить это предложение, так как возникли опасения, что новый объектив может оказаться не лучше, а хуже старого.

В 1866 г. Пулковский 15-дюймовый (как его обычно называют) рефрактор перестал быть самым большим: молодой оптик Альван Кларк в Америке построил телескоп с диаметром объектива в 47 см. Затем самым большим в мире телескопом в 1882 г. стал рефрактор Венской обсерватории в Австрии, объектив для которого диаметром в 68 см сделала английская фирма Грэмбба.

В 1885 г. Пулковская обсерватория снова вернула себе первенство, установив телескоп, сделанный руками того же самого Альвана Кларка, невиданных до того времени размеров: его длина 14 м, а диаметр объектива 762 мм (30 дюймов). Однако

Кларк очень быстро после этого (в 1888 г.) построил для обсерватории Лика на своей родине телескоп с диаметром трубы в 91 см, а еще 9 лет спустя, в 1897 г., еще больший телескоп с трубой диаметром в 102 см для другой американской обсерватории, построенной недалеко от города Чикаго на средства, отпущенные неким Иерксом. Иеркский телескоп — это настоящий гигант, созданный гением человеческой техники; он послушно совершает любые движения. Если в Дерптский телескоп Фраунгер мог читать газету на расстоянии около  $\frac{3}{4}$  км, то в Иеркский гигант Альван Кларк мог бы прочесть газету на расстоянии еще в 10 раз большем.

Гигантские успехи техники, свидетелями которых мы являемся с начала нынешнего столетия, заставляют нас быть почти уверенными, что и это достижение техники конца прошлого столетия не может являться пределом. Познакомившись с Иеркским гигантом, мы невольно спрашиваем себя: «Кто же следующий?» Оказывается, что кривая роста телескопов, так бурно стремившаяся вверх в течение всего XIX столетия, на Иеркском телескопе внезапно остановилась. Хотя со времени постройки этого рефрактора прошло уже 40 лет, однако не только никто не вырвал у него пальму первенства, но почти нет никакого сомнения в том, что никто и не будет у него оспаривать ее в будущем, во всяком случае в ближайшем. В чем же тут дело?

Дело в том, что уже когда был построен в 1888 г. Ликский рефрактор, многим стало ясно, что воплощенная в этих телескопах идея Кеплеровой трубы доведена до своего технического предела. При таких размерах телескопов приходилось, естественно, отливать все большие и большие глыбы оптического стекла для объектива, что было сопряжено с чрезвычайными трудностями технического порядка.

Одно только флинтовое стекло этого объектива, изготовленное в мастерских французского оптика Фейля в Париже, весило 170 кг и стоило 20 тыс. рублей. Что касается кронового стекла, то его изготовление обошлось еще дороже, так как глыбу стекла, свободную от недостатков, удалось получить лишь после девятнадцати пробных отливок. При этом необходимо иметь в виду, что каждая отливка требует нескольких месяцев работы, так как для того чтобы избежать вредных натяжений, сильно сказывающихся на оптических свойствах стекла, его остывание после варки искусственно чрезвычайно сильно замедляют, снижая температуру лишь на несколько градусов в сутки.

Таким образом очевидно, что изготовление большого современного объектива требует огромного количества времени и сопряжено со значительным риском.

Все эти трудности в еще большей степени встретились при изготовлении Иеркского рефрактора. Однако выигрыш в смысле результатов наблюдений с этим телескопом оказался очень небольшой. Теоретически, чем больше диаметр объектива, тем больше

света попадает от светила в трубу и в конечном счете в глаз наблюдателя или на фотографическую пластинку. Однако при очень больших размерах объективов параллельно с увеличением диаметра приходится увеличивать также и толщину самого стекла, что, очевидно, ведет к увеличению поглощения света при прохождении его сквозь стекло объектива. А это сводит почти на нет весь выигрыш, получаемый за счет увеличения диаметра. К тому же при огромном весе стекла оно само начинает заметно изгибаться под собственной тяжестью, что в свою очередь ухудшает изображение наблюдаемых светил. В результате, в настоящее время специалисты оптики определенно считают, что 1 м — это предел диаметра объектива рефрактора, который можно целесообразно использовать; практически тех же самых результатов можно добиться с помощью объектива сантиметров на 25 меньше. Таким образом та техническая идея, которая воплощается в астрономическом телескопе типа рефрактора, уже к концу XIX столетия оказалась исчерпанной до конца.

Было бы ошибкой думать, что прогресс астрономической техники вследствие этого остановился. Наоборот, в нынешнем столетии мы явились свидетелями дальнейшего мощного развития строительства телескопов и как раз в настоящее время заканчивается постройкой телескоп, мощность которого во много раз превысит мощность Иеркского рефрактора. Но гигантские телескопы XX столетия являются результатом разработки совсем другой технической идеи; они основаны на совсем ином принципе, чем рефракторы.

## 16. РЕФЛЕКТОРЫ, ИХ УСТРОЙСТВО И ИСТОРИЯ

Телескопы особого рода, получившие большое развитие в современной астрономии, носят общее название *рефлекторов*. Как слово *рефрактор* берет свое начало от латинского слова, означающего по-русски *преломление*, так слово *рефлектор* происходит от латинского же слова, означающего *отражение*. Как мы уже знаем, действие рефрактора основано на том, что лучи света, проходя сквозь объектив, испытывают в нем *преломление*, а затем сходятся вместе в фокальной плоскости. У рефлектора же основной частью является не линза-объектив, а большое вогнутое зеркало.

Падая на это зеркало, лучи *отражаются* от него и после этого сходятся вместе, давая изображение наблюдаемого светила. Так же, как и в рефракторе, это изображение можно рассматривать через окуляр.

В рефлекторе (рис. 22) окуляр приходится помещать на пути лучей, идущих от светила к зеркалу. Таким образом, если бы в рефлекторе не было особых приспособлений в виде дополнительных зеркал, то наблюдатель своей головой неизбежно заслонял бы лучи от того самого светила, которое он хотел бы наблюдать.

Поэтому, после отражения от зеркала, лучи, прежде чем они попадают в окуляр, отклоняются в сторону, отражаясь в особом дополнительном небольшом зеркале.

На рис. 22 изображена схема устройства такого типа рефлектора (а). Впервые изобретен он был знаменитым Ньютоном и потому обычно называется ньютоновым рефлектором. Как и у рефрактора, в нем различаются две основные части: труба и установка. Что касается установки, то она в общем мало отличается от установки рефрактора. Так же как и там, в ней имеется часовая ось, направленная параллельно оси земного вращения и соединенная обычно с часовым механизмом, поворачивающим телескоп вслед за суточным вращением небесного свода. Перпендикулярно к

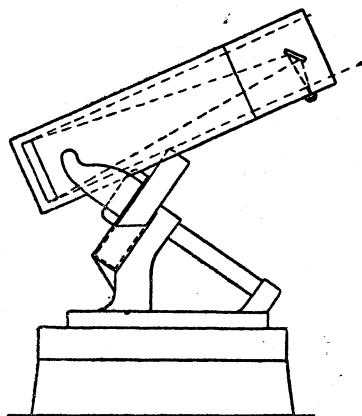


Рис. 22а. Схема рефлектора.

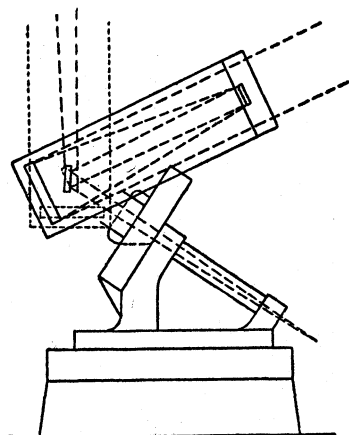


Рис. 22б. Схема рефлектора.

часовой оси расположена ось склонений; вращением около обеих осей труба рефлектора может быть направлена в любую точку неба.

Что касается трубы рефлектора, то она очень сильно отличается от трубы рефрактора. В то время как у последнего труба всегда сплошная, у рефлектора труба представляет собой лишь легкую металлическую клетку, служащую главным образом для укрепления дополнительного зеркала и окуляра.

В ньютоновом рефлекторе дополнительное зеркало — небольшое и плоское. Расположено оно на тонких, но прочных пластинках посредине трубы под углом в  $45^\circ$  к направлению идущих от светила лучей. Таким образом, оно до известной степени тоже пересекает дорогу лучам; в виду малости зеркала эта потеря, однако, очень мала. Зато после отражения от большого зеркала лучи достигают плоского зеркала уже почти сойдясь вместе и, таким образом, вся световая энергия, отразившись от него, идет вбок и там попадает в окуляр. Наблюдатель помещается не у задней части трубы, как в рефракторе, а около передней, и наб-

людает сбоку от трубы. На рис. 22 *a* и *b* ход лучей в трубах показан прерывистой линией.

Кроме ньютоновой формы имеется еще целый ряд других разновидностей рефлекторов. Из них наиболее употребительной является форма, изобретенная почти одновременно с ньютоновой французом Кассегреном. В рефлекторе Кассегрена дополнительное зеркало располагается почти так же, как и в ньютоновом рефлекторе. Только зеркало берется не плоское, а выпуклое. Вследствие этого сходимость отраженных от главного зеркала лучей несколько уменьшается и, следовательно, пробегаемый ими в трубе путь удлиняется.

Что касается окуляра, то он помещается в различных местах в зависимости от конструкции телескопа. Иногда окуляр помещается сбоку (рис. 22*b*); тогда кроме первого выпуклого зеркала устанавливается еще второе плоское зеркало так же, как и в ньютоновом телескопе, под углом в  $45^\circ$  к ходу лучей, но гораздо ближе к главному зеркалу. Лучи, отразившись от главного зеркала, идут сперва к первому выпуклому зеркалу, которое не дает им сойтись вместе, а отражает обратно по направлению к центру главного зеркала, причем по дороге они попадают на плоское зеркало, которое отражает их вбок, в окуляр.

Эта конструкция имеет то неудобство, что лучи претерпевают трехкратное отражение, каждое из которых связано с ощутительной потерей света. Для наблюдений очень слабых по яркости объектов более целесообразной является другая система кассегреновского рефлектора, в которой главное зеркало просверливается посредине и лучи после отражения от выпуклого зеркала проходят прямо сквозь отверстие в главном зеркале и тут попадают в окуляр. В последней системе окуляр помещается по отношению к трубе совсем так же, как и при наблюдениях с рефрактором.

Выше мы сказали, что рефлекторы допускают увеличение размеров, далеко превышающее все то, что допускают рефракторы. Причина этого заключается в следующем: в рефракторе при прохождении световых лучей «работающей» является вся толща стекла объектива. Поэтому при отливке объектива приходится предъявлять чрезвычайно высокие требования к качеству стекла в смысле абсолютной однородности его состава, отсутствия всяких внутренних натяжений и т. д. Кроме того, в объективе имеются четыре поверхности, которые должны быть отшлифованы с одинаковой тщательностью. Наконец, из того обстоятельства, что в рефракторе лучи света должны проходить сквозь объектив, явствует, что укрепляться в оправе он может лишь вдоль своего внешнего ребра. Другими словами, в рефракторе нет никакой возможности парализовать вредное действие собственного веса объектива при помощи каких-либо дополнительных опор, противовесов и т. д.

В противоположность этому в рефлекторе «работающей» является лишь одна из поверхностей зеркала, именно та, от которой отражаются лучи: в рефлекторах серебряным отражающим

слоем покрывается не задняя поверхность, как в обычных зеркалах, а передняя. Поэтому качество стекла самого зеркала не имеет большого значения. От зеркала требуется лишь, чтобы оно не деформировалось от колебаний температуры. Что касается веса, то, во-первых, его действие может быть уравновешено путем устройства сколь угодно большого количества опор вдоль всей задней поверхности зеркала. Во-вторых, решительно ничто не заставляет нас делать зеркало сплошным. Именно по этому пути пошел известный строитель гигантских рефлекторов американец Ритчи. Задняя поверхность у так называемых с о т о в ы х зеркал Ритчи делается не сплошной, а ячейкообразной, наподобие восковых пчелиных сот, и лишь передняя поверхность покрывается сплошным, сравнительно тонким слоем стекла. От этого происходит и их название. Такое устройство позволяет значительно уменьшить вес зеркал, хотя и при этом, как мы увидим, вес их все же остается весьма значительным и потому приходится принимать особые меры предосторожности для его обезвреживания.

Одной из важных особенностей зеркал является полное отсутствие в них хроматической аберрации, которая доставляла в XVIII веке так много хлопот оптикам, изготовлявшим ахроматические объективы. Что касается потери света при отражениях от зеркал, то, согласно подсчетам известного американского астронома Хэла, под руководством которого строились крупнейшие в мире телескопы XX века, потери света при прохождении сквозь объектив диаметром до 80 см меньше потерь при отражении от зеркала такого же диаметра. При диаметрах от 80 до 125 см светосила рефлектора и рефрактора примерно одинаковы. При диаметрах же, превышающих 125 см, рефлекторы имеют явное преимущество.

Таким образом, если бы даже постройка рефракторов таких размеров и не была сопряжена с колоссальными трудностями вследствие необходимости изготовления больших стекол, то все же их строительство давало бы меньший эффект по сравнению с рефлекторами из-за одного только того, что потери света при прохождении его сквозь стекло превышают потери при отражении от зеркал.

Нельзя, однако, утверждать, что рефлекторы обладают одними лишь достоинствами, а рефракторы — одними лишь недостатками. Оба эти вида астрономических телескопов друг друга дополняют. С одной стороны, как мы установили выше, рефлекторы допускают устройство зеркал громадных размеров. В то время как максимальный диаметр объектива рефрактора достигает всего 102 см, диаметры целого ряда крупнейших современных рефлекторов превышают 150 и даже 200 см. В настоящее время в Америке изготовлено зеркало для рефлектора диаметром в 5 м.

Но у рефлекторов имеются и недостатки. Например, сходимость лучей в одну точку, необходимая для получения ясных изображений светил, может быть в рефлекторе обеспечена лишь для

светил, находящихся очень недалеко от центра поля зрения телескопа. Так, если в рефлектор наблюдать, например, усыпанный звездами участок неба, то по близости от центра поля зрения звезды будут видны в виде маленьких и совершенно симметричных кружочков, однако ближе к краям изображения звезд будут заметно искажены и будут иметь форму маленьких овалов или даже запятых. Это искажение совершенно неустранимо в больших реф-

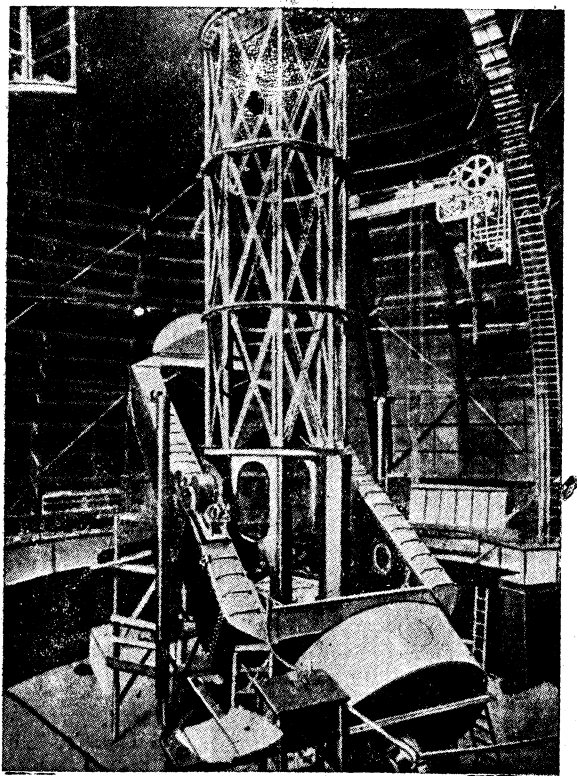


Рис. 23. Большой 100-дюймовый рефлектор обсерватории на горе Вилсон.

лкторах. Оно приводит к тому, что для точных измерений положений звезд и размеров светил, имеющих большое значение в современной астрономии, в рефлекторе можно использовать лишь очень небольшую часть его поля зрения. Остальная часть для этой цели совершенно не годится.

Работа астронома с рефлектором связана с целым рядом специфических трудностей.

Тонкий слой серебра, которым покрывается наружная поверхность зеркала подвергается сравнительно быстрой порче под



влиянием атмосферных воздействий. Поэтому зеркала рефлектора приходится довольно часто, раза два в год, снимать для серебрения. После серебрения телескоп приходится регулировать совершенно заново.

В противоположность рефракторам рефлекторы оказываются, несмотря на все принимаемые меры предосторожности, весьма чувствительными к малейшим изменениям температуры. Эти изменения, как говорят, расстраивают их фокусировку. Для производства наблюдений через рефлектор, его также приходится фокусировать, т. е. устанавливать на ясное зрение путем перемещения окуляра. При изменениях температуры меняется едва заметно форма зеркала рефлектора, а это требует новой фокусировки.

Эта особенность рефлекторов особенно неприятна при фотографировании с их помощью небесных светил. Установив фокус

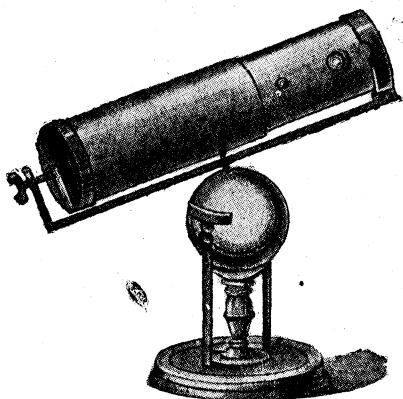


Рис. 24. Рефлектор Ньютона.

и начав фотографирование (экспозицию, как говорят фотографы) приходится все время следить не только за тем, чтобы ведущая звезда не сходила с креста нитей в поле зрения, но и за тем, чтобы не расстраивалась фокусировка.

Итак, рефлектор позволяет собрать много световых лучей от светил, или, как выражаются астрономы, он обладает большой светосилой, зато он обладает малым полем зрения. В свою очередь рефрактор, хотя и уступает рефлектору в смысле

светосилы, зато имеет большое поле и обладает очень постоянными свойствами. Например, изготовленный еще в 1839 г. объектив пятнадцатидюймового рефрактора Пулковской обсерватории прекрасно служит и до сих пор и его оптические качества несколько не изменились почти за 100 лет.

История развития производства рефлекторов не менее поучительна, чем история рефракторов. Идея того, что при помощи вогнутых зеркал можно построить телескоп, была известна очень давно, почти так же давно, как и идея зрительной трубы. Практическое осуществление этой идеи очень долго задерживалось тем, что не умели изготовить зеркала с достаточно правильной и гладкой поверхностью. Лишь в 1668 г. был построен первый маленький телескоп такого рода, изготовлением которого мы обязаны великому Исааку Ньютону.

Основным поводом, заставившим Ньютона обратить внимание на рефлекторы, было то, что к этому времени строительство рефракторов переживало кризис. Как мы уже говорили, основной помехой работы рефракторов XVII столетия была хроматическая

абберация, от которой не знали как освободиться. Ради того, чтобы избавиться от нее, Гюйгенс строил свои длиннейшие и чрезвычайно неудобные «воздушные» телескопы длиной в несколько десятков метров, у которых отсутствовала труба.

Сам Ньютон ошибочно считал, что освободиться от хроматической абберации в рефракторах невозможно. Не видя перспективы для улучшения последних, он сделал попытку найти выход в совершенно новом направлении.

После Ньютона попытки изготовлять рефлекторы делались многократно, но все они, во-первых, ограничивались телескопами весьма скромных размеров, а, во-вторых, не давали удовлетворительных результатов из-за уже отмеченной нами трудности приготовления достаточно хороших зеркал. Лишь в 1721 г. в Англии, в стране, которую с полным правом можно назвать родиной рефлекторов, так как в первое время все рефлекторы делались именно там, Гадлей изготовил рефлектор диаметром в 15 см и длиной всего в 1.5 м; этот небольшой телескоп в смысле результатов наблюдений давал то же, что «воздушная» труба Гюйгенса длиной в 40 м. Об удобстве пользования этим рефлектором в сравнении с огромной трубой Гюйгенса говорить не приходится.

С тех пор рефлекторы на некоторое время завоевали себе прочное место среди астрономических инструментов. Особенно же успешное развитие они получили благодаря трудам знаменитого астронома конца XVIII столетия Вильяма Гершеля.

## 17. ВИЛЛЬЯМ ГЕРШЕЛЬ И ЕГО ТЕЛЕСКОПЫ.

Вильям Гершель, по происхождению немец, в юности вынужден был покинуть свою родину (Ганновер) и переселиться в Англию. Германия того времени стонала под игом военщины и раздиралась продолжительными внутренними войнами. Если бы не этот его отъезд, Гершель попал бы в лапы прусской солдатчины и был бы потерян для науки.

По профессии Гершель был музыкантом и значительную часть своей жизни занимался преподаванием музыки. Астрономическими наблюдениями он занимался сперва лишь в часы досуга, а затем постепенно увлекся ими и стал собственноручно изготовлять большие зеркальные телескопы — рефлекторы.

Вильям Гершель проявил редкий энтузиазм в работе. Его сестра и верная помощница в работе, Каролина, пишет в своих воспоминаниях: «если бы не пасмурные и лунные ночи, <sup>1</sup> я прямо не представляю себе, когда бы мы с ним имели хоть немного сна».

В промежуток времени с 1773 по 1822 г., т. е. за сорок лет, Гершель построил целую серию рефлекторов все большей и большей мощности и сделал при их помощи целый ряд выдающихся открытий, обессмертивших его имя. В 1789 г. он построил ги-

<sup>1</sup> В лунные ночи наблюдения слабо светящихся светил очень затруднены.

гантский телескоп с зеркалом в 1.2 м и длиной в 12 м. Со всего мира приезжали люди, чтобы только взглянуть на этот телескоп. Но телескоп этот был настолько неповоротлив и тяжел, что допускал наблюдения лишь в очень ограниченной области неба неподалеку от меридиана, да и то только в южной его части. Вследствие этого лишь очень ограниченное число светил было доступно наблюдению в этот телескоп. К тому же уже через два

года главное зеркало телескопа успело совсем потускнеть и потому очень скоро Гершель фактически отказавшись от его употребления.

После смерти Гершеля в 1822 г. телескоп в течение еще 17 лет простоял на месте в качестве памятника нерасчетливости своего строителя, а потом был снят с установки и положен рядом с башней в горизонтальном положении. Так он и лежал до тех пор, пока не упало на него дерево и не разбило его на мелкие куски.

Печальная судьба телескопа Гершеля очень поучительна. Она показывает, что техническая идея, лежавшая в основе замысла Гершеля, хотя и была правильной, но

для ее осуществления еще не было материальных возможностей.

В знаменитой книге Даниэля Дефо о приключениях Робинзона Крузо на необитаемом острове рассказывается, что Робинзон решил построить себе большую лодку, сев в которую он мог бы попытаться перебраться с острова на материк. Для этой цели он срубил самое большое на острове дерево и после долгой и упорной работы выдолбил из него большую лодку. При этом он упустил из виду то важнейшее обстоятельство, что без посторонней помощи ему не сдвинуть лодку с места. Впоследствии каждый раз, как Робинзон видел лежащую бесполезно лодку, он испытывал горькое чувство разочарования.

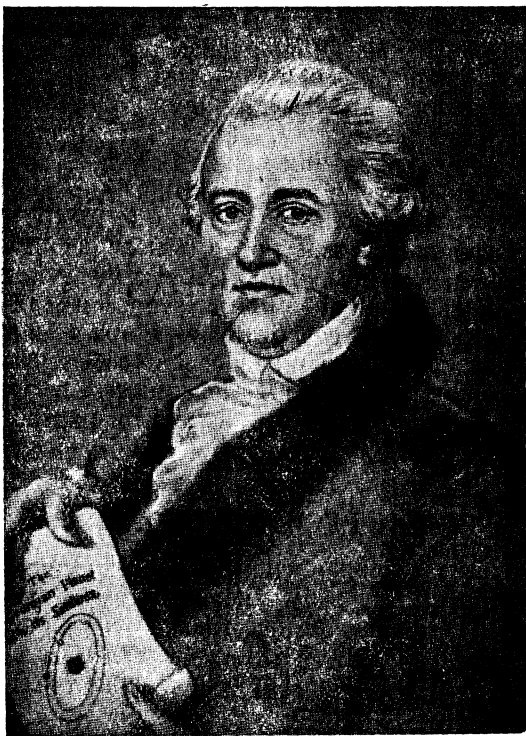


Рис. 25. Вильям Гершель.

Похожего чувства не мог не испытывать и Гершель при виде бездействия своего детища — сорокафутового рефлектора (в те времена размеры телескопов обычно характеризовали их длиной). Только спустя 130 лет, уже в XX столетии, удалось довести до конца идею Гершеля и не только построить рефлектор таких же размеров, как гершелевский, но и обеспечить высокое качество работы с ним. Неудача Гершеля с рефлектором есть, конечно, лишь эпизод в его многолетней работе. В остальном эта работа была необычайно плодотворна. Простое перечисление открытий, сделанных им за 50 лет наблюдений, заняло бы несколько страниц. Поэтому мы укажем лишь главные из них.

Главным и наиболее блестящим открытием Гершеля было обнаружение им в 1781 г. седьмой по счету неизвестной дотоле планеты Урана. Эту планету Гершель открыл так сказать «случайно», во время систематического обозрения всего неба, которое он предпринял, начиная с 1776 г. На этом основании некоторые историки пытались обесценить его открытие. Правильнее будет сказать, что открытие Урана явилось справедливой наградой за упорный и систематический труд, который Гершель проделал за пять лет, не пропуская ни одной ясной ночи для своих наблюдений.

В течение, по крайней мере, 25 столетий, во время которых велись до Гершеля сознательные астрономические наблюдения, людям были известны только 5 планет (кроме Земли). Незвестный дотоле научному миру любитель вдруг сразу раздвинул размеры солнечной системы почти в два раза. Гершель стал пользоваться мировой известностью. Он был избран почетным членом многих научных обществ и академий как в Англии, так и за границей. Но к чести Гершеля нужно отметить, что почести не ослабили его трудолюбия и энтузиазма в астрономических наблюдениях.

Из других открытий Гершеля следует отметить открытие в 1777 г. белых полярных снеговых шапок на Марсе, в 1789 г. двух спутников Сатурна, самых близких к планете, а в 1787 г. двух самых удаленных спутников Урана — той самой планеты, которую он сам открыл перед этим.

Наиболее сильное влияние на дальнейшее развитие астрономической науки оказали работы Гершеля по исследованию мира звезд. Они настолько значительны, что Гершель по праву считается отцом современной звездной астрономии, а эта последняя в наши дни представляет собой одну из самых важных и обширных ветвей астрономической науки. Многие идеи, выдвинутые в свое время Гершелем на основе произведенного им шаг за шагом, участок за участком, обозрения звездного неба, не только не утратили своего значения до сих пор, но по-прежнему лежат в основе наших представлений об устройстве звездного мира. По существу, наше современное представление о дискообразной форме системы звезд, образующих Млечный путь или Галактику, есть не что иное, как современное развитие идей Гершеля. Так же точно со-

храняют свою силу его выводы относительно положения, занимаемого среди звезд нашим Солнцем и о движении последнего между звездами. Ему же мы обязаны идеей «островной» вселенной, т.е. вселенной, построенной из звездных систем, аналогичных «нашей» Галактике. Он же первый выказал мысль о том, что дискообразная форма Галактики объясняется ее вращением. Как известно, правильность этого предположения была доказана лишь в 1926 г.

Из сделанного нами перечисления открытий Гершеля, между прочим, хорошо заметно, насколько их характер зависит от оптических особенностей тех инструментов, с помощью которых он производил свои наблюдения, т.е. от свойств рефлекторов. В самом деле, мы видим что все его открытия используют главным образом только способность его телескопов видеть очень удаленные и слабо светящиеся объекты. Почти ни одно открытие Гершеля не связано ни с какими измерениями. Он, например, открыл спутников Сатурна, но не выяснил, как именно они движутся вокруг планеты.

Из того, что мы говорили выше о свойствах рефлекторов, мы уже знаем, что причина этой особенности наблюдений Гершеля лежит не столько в наблюдателе, сколько в самом инструменте. Рефлекторы обладают очень малым полем зрения; отсюда следует, что Гершель мог обнаруживать и видеть очень слабые светила: спутники планет, звезды и т.д., но он лишь с сравнительно большим трудом мог и з м е р я т ь точно их размеры и их положения на небе, так как эти величины в рефлекторе подтверждаются сильному искажению.

## 18. СУДЬБА ГЕРШЕЛЯ

Сравним судьбу Гершеля с судьбой его великого предшественника Тихо Браге. Оба эти астронома — энтузиасты наблюдатели, и это роднит их между собою. Оба не только являлись искусными наблюдателям, но и не менее искусными конструкторами астрономических инструментов. Каждый из них работал на инструментах собственной конструкции и изготовления. Роднит их также то, что оба они являлись астрономами одиночками. Во времена Тихо Браге вообще не существовало астрономических обсерваторий в смысле учреждений, имеющих определенные задачи, определенный бюджет и штат работников, обеспечивающий преемственность в научных исследованиях от старших поколений к младшим.

Что касается Гершеля, то в его время уже существовало в Европе несколько обсерваторий: в Париже, Гриниче и др. Сам Гершель работал в своей собственной обсерватории, т.е. попросту у себя дома, где у него стояли им самим построенные телескопы и где помощниками его была сперва его сестра, Каролина Гершель, а затем еще его сын, Джон. Так же, как и Тихо Браге, значительно-

ная часть инструментов Гершелем была построена на свои личные средства; эти средства были очень скромные. Только тогда, когда благодаря своим открытиям Гершель прославился на весь мир, он получил по тогдашнему времени весьма крупную сумму в 4000 фунтов стерлингов (около 40 000 руб.) на постройку большого телескопа и кроме того ему назначено было 200 фунтов в год «на содержание телескопа», а его сестра, Каролина, стала получать по 50 фунтов в год.

В условиях работы Тихо Браге и Гершеля имелось и очень существенное различие, состоявшее в том, что во времена Гершеля наука существовала уже как мощная общественная организация. Существовали научные общества, академии и обсерватории, имелась уже значительная научная литература. В то время как при Тихо наука оставалась достоянием одиночек и зависела от прихоти мелких феодалов, эпоха Гершеля, т. е. конец XVIII и начало XIX веков, была эпохой торжества буржуазии, которой наука была нужна не для удовлетворения прихоти, а как орудие для решения важнейших задач, как основа развития техники и промышленности. Поэтому не удивительно, что всякое научное открытие становилось сразу же всеобщим достоянием.

С другой стороны, буржуазный характер тогдашней науки сказывался в том, что ученый являлся тоже собственником. Нам, воспитанным советской действительностью, это может показаться просто странным, но ученые того времени считали как свои инструменты, так и научные работы своей собственностью. Телескопы Гершеля перешли после его смерти по наследству к его сыну, а затем, когда в семье не нашлось продолжателей, то и вся обсерватория погибла. Так же, как и другие ученые, Гершель не признавал никакого вмешательства в свои научные замыслы. Его работа была «свободным» творчеством. В этом заключается влияние общественных отношений на характер развития науки.

Ясное дело, что поскольку каждый ученый считал свою работу своим личным делом, развитие науки неизбежно несло на себе отпечаток стихийности. Буржуазная наука была такой же анархической, как и сам капитализм.

Очень яркой иллюстрацией этих отношений служит следующий пример тоже из астрономической научной жизни Англии XVIII века. Когда в 1719 г. умер Флемстид и на его место был назначен новый «королевский астроном» Галлей, то, прибыв на обсерваторию в Гринич, он нашел там лишь голые стены. Все инструменты обсерватории, оказывается, увезла с собой вдова его предшественника, считавшая их такой же своей собственностью, как и домашнюю утварь. При таких условиях ни о каком продолжении научной работы не могло быть и речи. Тогда Галлей вступил в переговоры с вдовой на предмет выкупа от нее инструментов. Хотя ей самой эти инструменты были абсолютно не нужны и хотя она наверное знала, что «королевскому астроному» таких инструментов достать больше неоткуда, эта особа наотрез отказа-

лась их продать. Так «королевская обсерватория» и простояла два года совершенно пустой, пока Галлею не удалось раздобыть 500 фунтов стерлингов на приобретение новых инструментов. Хорошо еще, что сам Галлей был человеком обеспеченным и потому лично не нуждался в деньгах, а то обсерватория продолжала бы бездействовать значительно дольше, чем два года.

Неожиданный отказ вдовы объяснялся чисто личными причинами и имел свой корень в долголетней ссоре Флемстида с Ньютоном и его верным другом Галлеем. Дело в том, что Флемстид в течение многих лет занимался наблюдениями движения Луны. Эти наблюдения были крайне важны Ньютону для проверки правильности недавно открытого им закона всемирного тяготения. Проходили десятилетия, а Флемстид не публиковал результатов своих наблюдений, мотивируя это тем, что он, мол, хочет их сперва закончить, а потом уже будет их печатать. На этой почве между ним и Ньютоном возникли трения, причем Флемстид продолжал упорствовать и отказался не только печатать, но даже сообщить Ньютону нужные ему данные. Благодаря своему громадному влиянию Ньютон смог создать специальный комитет для надзора за работой «королевской» обсерватории и, заняв в нем место председателя, заставил Флемстида дать свои наблюдения для напечатания. При этом печатанием томов с наблюдениями Флемстида заведывал как раз Галлей.

Не трудно себе представить, что самолюбивый Флемстид был чрезвычайно уязвлен произведенным над ним насилием. Под тем предлогом, что в издании его трудов содержалось много опечаток, он с большим трудом собрал все вышедшие из печати экземпляры и собственноручно сжег их. После этого своеобразного ауто-да-фе сохранилось едва 30—40 случайно уцелевших экземпляров. В течение следующих лет Флемстид отказывал себе во всем и из своего жалованья, которое, по единогласному мнению всех историков, являлось нищенским, выкраивал деньги на новое, «собственное» издание своих трудов. Увы, за 20 лет до смерти ему удалось переиздать лишь два тома своих трудов. Выхода остальных он так и не увидел.

Печальная и поучительная жертва собственнического идиотизма!

## 19. СОВРЕМЕННЫЕ ГИГАНТЫ

Все самые большие телескопы мира находятся теперь в Америке. Классическая страна капитализма — Америка — является страной наибольшего развития техники производства больших телескопов. Там, на Иеркской обсерватории (рис. 26) неподалеку от г. Чикаго, установлен величайший в мире рефрактор с диаметром объектива в 102 см и длиной трубы в 19-с лишним метров. Второй по размерам рефрактор с объективом в 91 см находится также в Америке на Ликской обсерватории (Калифорния). Кроме того, в Америке имеется целый ряд других обсерваторий, на которых

установлены рефракторы, лишь немногим уступающие по величине указанным двум телескопам.

Преимущество Америки в инструментальном отношении перед другими странами очевидно, если брать рефракторы. Но это преимущество не так существенно по причинам, о которых мы уже говорили в свое время, указывая на свойства рефракторов. Преимущество Америки выступает гораздо более заметно, если говорить о рефлекторах.

В самом деле, максимальный диаметр рефлекторов, имеющих в настоящее время в Европе, не превышает 1 м. В то же самое время в Америке, считая Канаду, имеется около десятка рефлекторов размером больше 1.5 м и число их увеличивается из года в год.

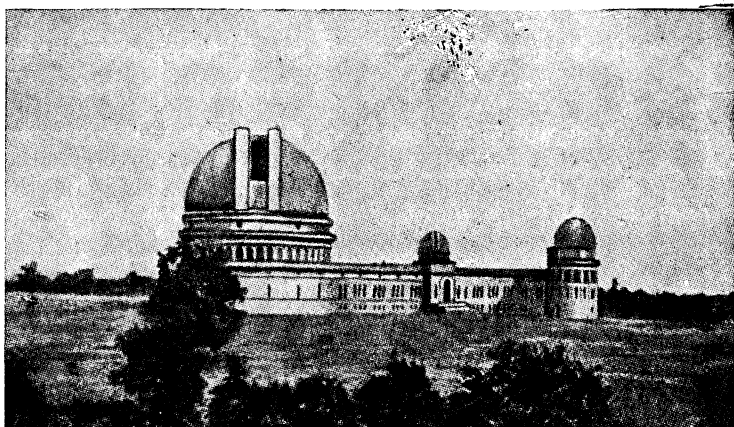


Рис. 26. Йерксская обсерватория.

Самым большим из них до настоящего времени является рефлектор с диаметром зеркала в 2.5 м (100 дюймов), установленный в 1918 г. на знаменитой обсерватории горы Вилсон в Калифорнии. Одно зеркало этого гиганта весит 4.5 т. Это — «чудо» техники в смысле точности работы и простоты обращения с ним.

На рис. 23 и 27 изображен стойимовый рефлектор. Система его установки значительно отличается от описанной нами в главе о рефлекторах. Часовая ось, идущая на рисунке наклонно снизу вверх, сделана не сплошной, а в виде длинной и узкой рамы. Эта рама двумя своими концами упирается в массивные подставки. В этих подставках имеются шариковые подшипники, в которые входят концы осевой рамы. Эта рама соединена с часовым механизмом, который поворачивает ее в подшипниках со скоростью вращения небесного свода. Направление оси этой рамы параллельно направлению оси земного вращения.

На часовой раме свободно подвешен телескоп, как всякий большой рефлектор, сделанный в виде металлического каркаса.



Путем поворачивания телескопа на его подвесах можно установить его под любым углом по отношению к часовой оси. Поворачивая инструмент вокруг обеих осей, его можно навести на любую точку неба.

Такой тип установки носит название английской и за последнее время стал находить себе широкое применение в больших рефлекторах. Преимущество подобной установки состоит в ее большой устойчивости. Кроме того, в английской установке нет необходимости уравнивать вес самого телескопа при

помощи каких-либо противовесов, как в обычной конструкции. При большом размере инструмента это дает большой выигрыш в смысле той нагрузки, которую приходится нести часовой оси.

Но, с другой стороны, очевидно, что телескоп на английской установке отказывается служить, если через него смотреть по направлению, параллельному земной оси, недалеко от так называемого полюса мира; в этом случае поле зрения будет заслонено верхним концом подставки, в которую упирается рама.

С момента установки столбчатого рефлектора, Маунт-Вилсоновская обсерватория стала монополисткой в деле

исследования наиболее удаленных уголков вселенной. При помощи этого телескопа удается фотографировать звезды в миллион раз слабейшие, чем самые слабые звезды, видимые невооруженным глазом.

Как мы уже отметили выше, столбчатый телескоп с 1918 г. является самым мощным астрономическим инструментом в мире; он оставляет далеко позади себя другие телескопы, однако, в течение последних 5—10 лет и другие обсерватории, особенно в Америке, начали постройку больших рефлекторов. Эти телескопы частично уже готовы, а частично заканчиваются постройкой. В Канаде уже установлены два рефлектора, один диаметром в 188,

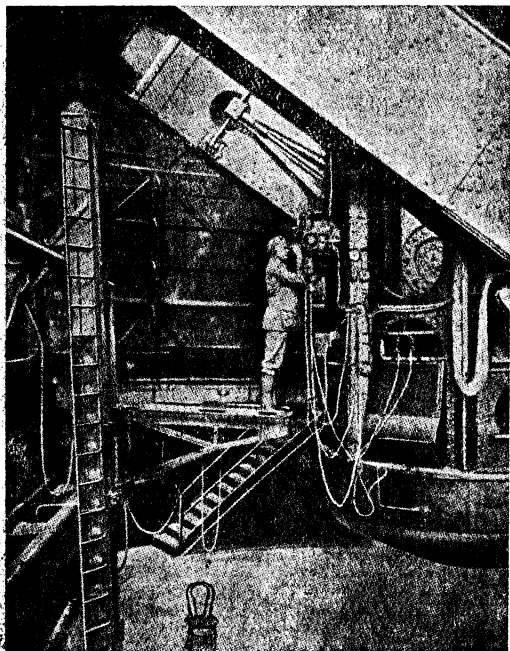


Рис. 27. Наблюдения на 100-дюймовом рефлекторе.

а другой — в 183 см. В Америке в настоящее время заканчиваются постройкой рефлекторы в 213 и 203 см для обсерваторий Мичиганского и Чикагского университетов. Рефлектор диаметром в 188 см строится для Радклиффской обсерватории в Англии и, наконец, во Франции приступлено к постройке телескопа диаметром около 180 см.

Из этого перечня, далеко еще не полного, мы видим, что хотя стодюймовый (254 см) и остается еще и сейчас самым большим телескопом в мире, у него появились очень серьезные конкуренты, которые, хотя и уступают ему каждый в отдельности по мощности, но, во-первых, не так уж значительно, а во-вторых, их число непрерывно увеличивается. Другими словами, один стодюймовый рефлектор, конечно, не может соперничать в смысле приносимой им науке пользы с пятью или шестью рефлекторами диаметром в 70—80 дм.

К этому необходимо еще прибавить, что зеркало стодюймового рефлектора очень далеко от совершенства. В настоящее время изобретены составы стекла, обеспечивающие лучшее качество зеркал и потому различие между старым стодюймовым и новыми восьмидесятидюймовыми рефлекторами практически совсем незначительно.

## 20. СТЕКЛО ДЛЯ ОБЪЕКТИВОВ

Опыты отливки больших зеркал велись в Америке при обсерватории на горе Вилсон при участии Калифорнийского технологического института уже в течение целого ряда лет. При этих опытах надо было добиться такого состава стекла, которое бы по возможности меньше деформировалось при изменениях температуры.

Деформации, вызываемые собственной тяжестью зеркала, как мы уже знаем, в рефлекторах не играют большой роли, так как вес зеркала значительно уменьшается тем, что оно изготавливается не сплошным, а «сотовым», т. е. с задней стороны имеет большое число углублений, напоминающих пчелиные соты.

Действие изменений температуры при этом, однако, несколько не уменьшается. Более того, если стекло подвержено значительным расширениям и сжатиям при колебаниях температуры воздуха, то тем самым нарушается прочность скрепления зеркала с оправой, а, следовательно, снова возникает опасность вредных деформаций.

Поэтому опыты оставались мало удачными, пока для отливки зеркала не использовали сорт стекла, носящий название п и р ё к с о в о г о. Это стекло обычно идет на изготовление стеклянной посуды для лабораторий и домашнего хозяйства.

Посуда эта может испытывать резкие колебания температуры и при этом не лопается. В частности, пирексовую посуду можно ставить прямо на огонь, или наливать в нее горячую жидкость.

Эта посуда не лопается потому, что пирексовое стекло обладает очень малым коэффициентом расширения. Отчего лопается всякое другое стекло при резкой перемене температуры? Именно вследствие большого коэффициента расширения. Когда мы наливаем в холодный стакан крутой кипяток, то внутренние стенки стакана сразу же нагреваются и вследствие этого стремятся расшириться. Наружным же стенкам тепло еще не успевает передаваться. Таким образом, в стенках стакана образуются внутренние натяжения, которые и приводят к тому, что стакан лопается. Особенно это часто случается со стаканами, обладающими толстыми стенками, так как там различие температуры, о котором мы только что говорили, бывает особенно большим.

В телескопе изменения температуры, конечно, не бывают никогда такими резкими, как в стакане с кипятком, но зато там и требования предъявляются к стеклу совсем другого порядка. Малейшие внутренние натяжения уже сильно портят качество изображений. При этом, чем больше размеры зеркала, тем сильнее сказываются на его работе малейшие деформации.

Поэтому без преувеличения можно сказать, что изобретение огнестойкого пирексового стекла открыло перед астрономической техникой совершенно новые перспективы.

В сущности, технологический процесс, изобретенный в Америке, допускал отливку зеркала не в 200, а даже в 300 дюймов. Однако из осторожности организатор этого дела профессор Хэл предпочел остановиться на 200 дюймах. Увеличение размеров телескопа очень сильно увеличивало риск неудачи при отливке зеркала и стоимость телескопа.

Скажем теперь несколько слов о трудностях чисто технического порядка, с которыми связана отливка больших масс оптического стекла для зеркал рефлекторов и объективов рефракторов.

После того как стекло расплавлено в жидкую массу, ванну помещают в особую печь, в которой температура понижается лишь крайне медленно, так что от момента плавки до того момента, когда стекло можно вынуть из печи и исследовать его оптические свойства проходит, по крайней мере, несколько месяцев. Это делается для того, чтобы неравномерное остывание не могло создать неравномерных внутренних натяжений стекла. У 200-дюймового зеркала этот процесс продолжался почти целый год и в течение всего этого времени не было известно, насколько отливка прошла удачно.

Первая попытка как раз оказалась неудачной. Для того чтобы сделать на задней поверхности зеркала «соты», на дно ванны были опущены особые металлические «стаканы», имеющие форму, соответствующую «сотам». (рис. 28). Когда в ванну было вылито стекло, то связи, при помощи которых стаканы были прикреплены к дну ванны не выдержали напряжения и часть стаканов всплыла на поверхность зеркала. Конечно, такое зеркало совершенно негодно к употреблению, но обнаружено это было только тогда,

когда стекло было вынуто из печи. Так пропала многомесячная работа от пустяковой в сущности причины.

На рис. 29 изображено это неудачное зеркало. На нем стоят два человека и это дает представление о его размерах. В 1936 г. было вынуто из печи второе зеркало, которое оказалось хорошего качества. Специальным поездом, на особо построенной платформе,

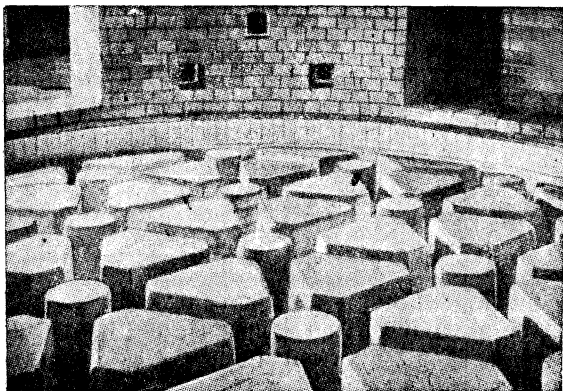


Рис. 28. Форма для отливки большого зеркала.

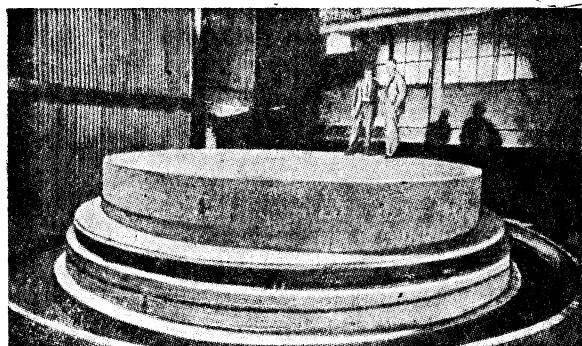


Рис. 29. Зеркало для 200-дюймового рефлектора.

оно было перевезено в город Пасадену в Калифорнии для дальнейшей обработки, которая займет еще около двух лет. При перевозке зеркала по железной дороге оставалось всего несколько дюймов до потолка железнодорожных перекрытий (мостов и тоннелей), так что, будь зеркало немного больших размеров, его перевозка по железной дороге оказалась бы невозможной.

Дальше зеркало должно быть подвергнуто еще так называемому тонкому отжигу, т. е. особой закалке, после чего оно

поступит в шлифовку, которая должна придать его рабочей поверхности нужную форму. Для этого уже построена специальная шлифовальная машина, которая обеспечивает точность шлифовки поверхности до десятитысячных долей миллиметра. При шлифовке на поверхность основного зеркала будет положено другое вспомогательное зеркало диаметром в 120 дм (305 см) причем самая шлифовка будет получаться в результате трения этих двух поверхностей. Таким образом, мы видим, что для одной только шлифовки нужно было изготовить специальное зеркало, диаметр которого сам по себе превышает размеры стодюймового зеркала, самого большого из ныне существующих. Хотя самая трудная и ответственная часть работы — отливка — уже позади, но все-таки риск неудачи еще не исключен. Если шлифовка пройдет неудачно, то всю работу придется начинать сначала.

## 21. СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Великие изобретения XIX столетия, которые внесли настоящую революцию в жизнь всего человечества, изменили полностью и содержание астрономической науки. До середины прошлого столетия единственной задачей астрономии являлось исследование движений небесных светил — планет, комет и звезд. Вопрос об их физическом строении и тем более об их химическом составе не ставился. Находились ученые, которые, как знаменитый философ XIX столетия Огюст Конт, категорически утверждали, что решение тайны о химии Солнца и звезд навсегда останется невыполнимой мечтой для человечества. Действительность опрокинула такого рода опасения. Перед глазами астрономов открылись совершенно новые, неизведанные горизонты для новых неисчерпаемых исследований. Сейчас мы можем говорить, что многие большие и важные вопросы мироздания находятся в самом начале исследований, и наука делает лишь самые первые шаги по тому пути, который ведет к открытию истины.

Два великих открытия послужили непосредственной причиной переворота в астрономии: изобретение спектрального анализа и фотографического процесса. До открытий, сделанных Фраунгофером, Кирхгофом и другими творцами спектрального анализа, казалось, что луч света, доходивший до нас от светил, дает возможность судить лишь о направлении, в каком от нас находится данное светило. Теперь же мы знаем, что луч света — это целая депеша. Надо уметь прочесть ее, и тогда мы узнаем и химический состав данного светила, и во многих случаях направление и скорость его движения, а также расстояние до него.

Фотография явилась в руках астронома новым мощным способом исследования, который позволил во многих случаях почти совершенно исключить тот весьма слабый и несовершенный наблюдательный инструмент, каким является человеческий глаз,

и заменить его ясной, быстрой и четкой работой фотографического аппарата. ☉

Что касается спектрального анализа, то мы не будем долго останавливаться на разъяснении его основ, излагаемых в школьных учебниках физики. Напомним лишь основные законы спектрального анализа.

1) Пропустив тонкий пучок солнечных лучей в темную камеру сквозь узкую щель и поставив на его пути трехгранную стеклянную призму так, чтобы ребро призмы было параллельно щели, мы получим на противоположной стенке камеры яркую полосу, окрашенную во все цвета радуги, от красного до фиолетового; это — так называемых спектр Солнца. Получение спектра Солнца таким способом свидетельствует о том, что белый солнечный свет является сложным: он состоит из смеси разных цветов.

2) Применяя специальный прибор для получения спектра — спектроскоп, можно заметить, что спектр Солнца — не сплошной: он перерезан множеством тонких темных линий, носящих название фраунгоферовых линий (по имени открывшего и описавшего их Фраунгофера).

Ключом к решению задачи о химическом составе светил является изучение характера фраунгоферовых линий в спектре того или иного светила, т. е. их числа и ширины, их расположения и интенсивности. Каждое химическое вещество выдает свое присутствие определенными темными линиями, а ширина и интенсивность линий говорят о температуре и давлении, под которым данное вещество находится на светиле. Словом, спектр светила, — это ключ к изучению как химического его состава, так и физического строения.

С введением спектрального анализа в астрономию, в сущности, родилась целая новая наука, наука о физике небесных светил, или а с т р о ф и з и к а. Почти все, что мы знаем о строении звезд, Солнца, комет и окружающих планеты атмосфер, стало известно в результате изучения их спектров. Мало этого, развитие астрофизики показало, что при помощи спектрального анализа мы можем исследовать движения звезд в пространстве, определять их массы, расстояния, скорость их вращения и, наконец, определять путь развития, проходимый каждой звездой, т. е. изучать звездную э в о л ю ц и ю.

Приведенный нами краткий перечень показывает, как безгранично обогатил содержание астрономической науки спектральный анализ и какие обширные горизонты для исследований открыл он перед нею.

## 22. ФОТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД

Развитие современной астрофизики было бы просто невозможно без другого великого изобретения, которое вошло в обиход астрономии почти одновременно со спектральным анализом, т. е. в 50—60-х годах прошлого столетия; это — фотография.

Не будет преувеличением сказать, что если одна половина заслуги в развитии современной астрономии падает на долю спектрального анализа, то другая половина падает на долю фотографии.

Вот короткий перечень основных свойств фотографического процесса, которые делают его незаменимым подспорьем в астрономических исследованиях:

1) **Документальность.** То, что астроном наблюдает в телескоп глазом, видит лишь он один. При этом в астрономии, как и в других науках, приходится нередко производить наблюдения явлений, которые или не повторяются вовсе (например, вспышка Новых звезд) или повторяются крайне редко. Результаты своих наблюдений глазом астроном вынужден определять на основании своих личных, субъективных ощущений и потому сплошь и рядом описание одних и тех же явлений у двух даже очень опытных астрономов сильно расходятся между собой.

Например, в конце прошлого столетия возник длительный спор по поводу знаменитых «каналов» на Марсе. Одни астрономы утверждали, что они видят на поверхности этой планеты длинные, очень тонкие и прямые линии, образующие подобие сети оросительной системы каналов. На этом основании американский астроном Лоуэлл построил даже целую теорию о разумных обитателях Марса, борющихся при помощи каналов с засухой. Между тем другие, не менее опытные наблюдатели, вроде американца Барнарда, располагавшие не менее мощными телескопами, утверждали, что никаких каналов они не видят. Таких споров в астрономии было немало и все они происходили потому, что ни та, ни другая сторона не располагали неоспоримым документом, какой представляет собой фотографическая пластинка. Такая пластинка есть бесспорный документ, который может храниться неограниченно долгое время и который беспристрастно и точно регистрирует то явление, которое на нем заснято.

2) **Моментальность.** Фотографическая пластинка позволяет одновременно зафиксировать целое множество деталей, для одного обозрения которых человеческому глазу потребовалось бы очень много времени. Особенно ценным это свойство оказывается при наблюдениях явлений, продолжающихся очень короткое время, например, во время солнечных затмений, которые продолжаются в течение считанных секунд. Глаз за это время успел бы увидеть очень немного, а фотография позволяет изучать полученный снимок в лаборатории в течение сколько угодно долгого времени.

Желая определить яркость звезд, мы в каждом данном случае можем производить оценку лишь одной звезды, тогда как фотографическая пластинка позволяет сразу зарегистрировать яркость многих сотен звезд.

3) **Интегральность.** Под интегральностью подразумевается свойство фотографической пластинки накапливать све-

товое действие падающих на нее лучей. Глаз обладает некоторым вполне определенным пределом чувствительности. Если яркость источника света выше этого предела, то глаз увидит этот предмет, если же ниже, то не увидит, сколько бы мы ни старались напрягать зрение.

Другое дело фотопластинка. Если источник света яркий, то он дает изображение на пластинке через очень короткое время, если же слабый, то тоже дает изображение, но не сразу, а по прошествии некоторого времени, в течение которого должно нако-

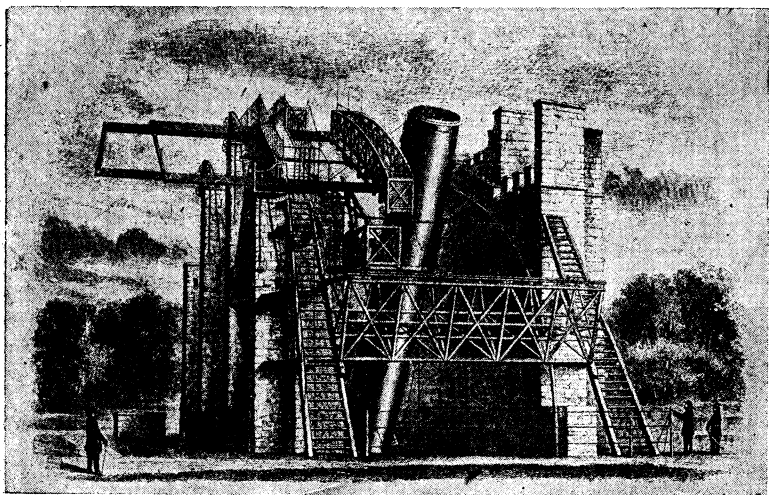


Рис. 30. Телескоп Росса.

питься световое действие исходящих от него лучей. Таким образом, фотографическая пластинка дает возможность во много раз усилить эффективность наших телескопов. Она позволяет нам наблюдать светила, недоступные нашему глазу.

Целый обширный и весьма важный класс небесных светил, называемых туманностями, мы получили возможность изучать только благодаря применению фотографии. И дело здесь не только в том, что громадное большинство туманностей настолько слабо в смысле яркости, что недоступно глазу, но даже при наблюдении самых ярких туманностей от внимания глаза ускользают все богатство и разнообразие их строения.

Возьмем, например, очень яркую туманность, находящуюся в созвездии Гончих Псов и принадлежащую к типу туманностей, носящих название спиральных. Рис. 31 и 32 представляют изображения этой туманности: первое — по рисункам английского астронома Росса (1800—1867), которые он делал на основании наблюдений в свой гигантский телескоп, с зеркалом в 1.8 м (рис. 30),



а второе воспроизводит ее фотографию, снятую при помощи 60-дюймового рефлектора. Различие в богатстве деталей на обоих рисунках настолько очевидно, что не требует пояснений. Если Росс смог лишь в общих чертах подметить строение туманности, то фотография дает все подробности.

Итак, подводя итог всему вышесказанному, мы можем сказать о фотографии, что там, где мы можем видеть глазом, она позволяет

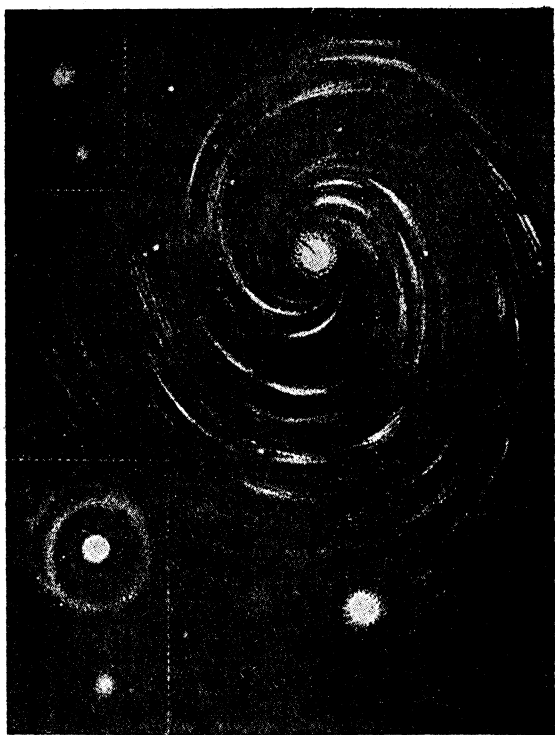


Рис. 31. Спиральная туманность в созвездии Гончих Псов по рисунку Росса.

видеть больше и лучше, а кроме того, она позволяет видеть и тогда, когда глаз отказывается нам служить. Вместе с тем, как мы увидим в следующей главе, она позволяет ввести в астрономию механизацию работы, которая не только во много раз облегчает и ускоряет работу астронома, но и позволяет ее делать гораздо точнее и, главное, освобождает астрономические наблюдения от досадного элемента субъективности и спорности, которые неизбежно присущи глазу. Немудрено поэтому, что фотографическая пластинка почти повсюду вытеснила в астрономии человеческий глаз.

Это, между прочим, доставляет немало разочарования экскурсантам, посещающим современные астрономические обсерватории. Каждому хочется посмотреть «хоть одним глазком» на небо в большой телескоп. А тут оказывается, что к телескопу вместо окуляра прикреплена кассета для фотографических пластинок, так что «глазком» то и смотреть некуда. Еще большее изум-



Рис. 32. Фотография спиральной туманности в созвездии Гончих Псов.

ление вызывает заявление показывающего телескоп астронома о том, что и он сам почти никогда не смотрит глазом в свою трубу.

Многие современные телескопы, в особенности рефракторы так и строятся, чтобы в них не смотреть глазом, а фотографировать. И если астроному при постройке телескопа приходится делать выбор между телескопом фотографическим, т. е. приспособленным для фотографирования, и телескопом визуальным, т. е. приспособленным для наблюдения глазом, то большей частью выбор его останавливается на первом.

Именно поэтому большинство современных рефракторов — фотографические; их объективы так отшлифованы, что обеспечивает наилучшую сходимость не для желтых лучей, к которым более всего чувствителен глаз, а для лучей синих, к которым чувствительна пластинка. Даже старые визуальные рефракторы «исправляются»: в них устанавливается особая линза, которая делает их фотографическими. Только рефлекторы, свободные от хро-



Рис. 33. Нормальный астрограф Пулковской обсерватории. Труба двойная: одна — фотографическая, другая — визуальная (ведущая).

матической абберации, ведут себя одинаково по отношению к лучам всех цветов. Поэтому среди них нет ни фотографических, ни визуальных. Но самый характер современных астрономических наблюдений таков, что у каждого телескопа имеется целый набор приспособлений, предназначенных для фотографирования звезд, спектров и т. д.

Лишь в очень редких случаях астроном привинчивает к телескопу окуляр, чтобы посмотреть на небесные объекты глазом. Большей же частью он предпочитает сфотографировать то, что ему требуется, и потом в лаборатории спокойно в теплой

и светлой обстановке, пользуясь, где нужно, лупой или микроскопом, изучить полученное изображение на пластинке во всех деталях.

Визуальная труба, конечно, не совсем вышла из употребления астрономов. Имеются некоторые задачи, в которых фотография не дает нужного эффекта (например, наблюдения деталей поверхности планет). Эти, а также многие наблюдения, не требующие особой точности и доступные небольшим трубам, и сейчас еще производятся глазом. Кроме того, всякий фотографический рефрактор должен иметь свою так называемую в е д у щ у ю трубу. В эту трубу должен смотреть астроном во время фотографирования, чтобы быть уверенным в том, что труба все время остается направленной на одну и ту же точку неба. Не будь ведущей трубы, астроном не смог бы как следует фотографировать, так как для хорошего качества изображений, получаемых на пластинке, необходимо, чтобы труба все время оставалась точно направленной на одну и ту же точку неба.

Обычно ведущие трубы устраиваются гораздо меньшими, чем основная труба. Лишь в тех случаях, когда требуется особая точность ведения, т. е. полная гарантия, что труба нисколько не смещается во время длинных экспозиций (выдержек), продолжающихся иногда несколько часов, ведущая труба устраивается такой же или почти такой же величины, как и фотографическая. Такая труба имеется, например, на так называемом нормальном астрографе Пулковской обсерватории, предназначенном для определения точных положений звезд на небе (рис. 33).

Из всего, что мы говорили по поводу астрофизики и применения фотографии к астрономии вытекает, что на ряду с телескопами важнейшей частью современной обсерватории является астрофизическая лаборатория, в которой проявляются и хранятся фотографические пластинки и где имеются всевозможные приборы для производства точных измерений на этих пластинках.

## 23. РАБОТА СОВРЕМЕННОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

В 11 км к югу от Ленинграда на холме по соседству с селом Пулково расположена Главная астрономическая обсерватория СССР (рис. 34). Эту обсерваторию обычно называют кратко Пулковской обсерваторией. В СССР имеется еще целый ряд других обсерваторий, ведущих большую научную работу. К их числу нужно, в первую очередь, отнести обсерваторию московского университета, обсерваторию им. Энгельгардта около Казани, обсерватории в Ташкенте, Харькове, Киеве, Одессе, Николаеве и Симеизе (Крым). Последние две являются отделениями Пулковской обсерватории. Этот далеко не полный список обсерваторий показывает, что астрономическая наука в нашей стране имеет широкое развитие.

Особо следует отметить обсерваторию в Абастумани, в Грузии. Это — обсерватория нового типа, построенная в последние годы

и только недавно вступившая в строй. Она расположена не поблизости от города, как почти все остальные обсерватории, а в горах, где воздух чист и ясен. Кроме того, само географическое ее положение в южных широтах создает благоприятные предпосылки к интенсивной и продуктивной работе: ведь работе обсерваторий, расположенных на севере, обычно серьезно мешают светлые короткие летние ночи.

В поисках избавления от этих неблагоприятных для наблюдений условий астрономы все больше и больше обращают свои взоры к горам, расположенных в низких географических широтах. Только в таких условиях можно максимально использовать телескопы. Не зря самые мощные современные рефлекторы устанавливаются на горах: на горе Вилсон — 100-дюймовый рефлектор, на горе Паломар — будущий 200-дюймовый и т. д. И наши старые обсерватории заняты в настоящее время поисками наилучшего места на Юге, где должна быть построена новая большая астрофизическая обсерватория, снабженная мощными современными телескопами. Не дожидаясь этой постройки, они начинают переносить на Юг часть уже имеющихся у них инструментов. Пример этому подает Пулковская обсерватория.

Неудачное с современной точки зрения расположение Пулковской обсерватории объясняется историческими причинами: в этом отношении она лишь разделяет судьбу всех старых обсерваторий Европы и Америки. Построена она была в 1839 г., задолго до того, как возникла астрофизика.

Потребность в постройке Пулковской обсерватории вытекала в то время из совершенно определенных практических потребностей Российского государства. К этому времени относится постройка первых железных дорог, которые связали между собой промышленные районы и вызвали их рост. Кроме того, правительство Николая I и его преемников вело длительные захватнические войны на Кавказе, в Средней Азии и на Дальнем Востоке. Все это требовало точных карт земной поверхности. В первую очередь для создания точной карты государства и была создана Пулковская обсерватория.

Помимо выполнения астрономо-геодезических работ, она являлась общегосударственной лабораторией по определению и хранению точного времени, т. е. вела работу, которую она продолжает вести в неменьшем масштабе и сейчас. Как и в первые годы своего существования, обсерватория определяет точное положение звезд, по которым затем геодезисты определяют положение точек на земной поверхности и вычерчивают карты. По этим же звездам определяют свое местонахождение корабли, плавающие в открытом море и самолеты в ночном полете.

Первым руководителем Пулковской обсерватории был один из крупнейших астрономов того времени Вильгельм Струве (1793—1864). Помимо задач, имеющих непосредственно народно-хозяйственное значение, Струве поставил работу более широкого

научного характера. Для этого был приобретен величайший для того времени телескоп, — 15-дюймовый рефрактор, о котором мы уже говорили.

На рис. 34 изображен общий вид обсерватории. В центре находится главное здание, построенное в 1839 г. Оно вытянуто в направлении с востока на запад и на крыше имеет три невысокие круглые башни. В крышах этих башен устроены прорезы, которые можно по желанию открывать и закрывать. Кроме того, каждую башню можно поворачивать в любую сторону. Это позволяет направить находящийся внутри башни телескоп на любую точку неба.

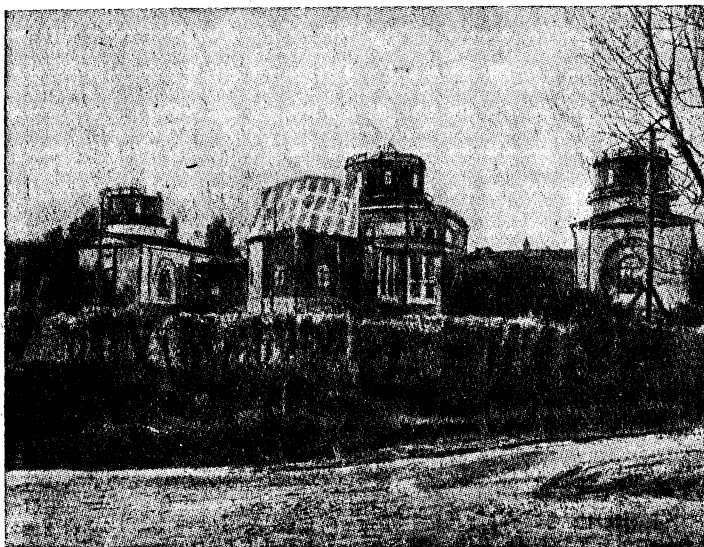


Рис. 34. Общий вид Пулковской обсерватории.

В центральной башне помещается 15-дюймовый рефрактор (рис. 35). Это один из немногих инструментов обсерватории, наблюдения на котором производятся глазом. Предназначается он главным образом для определения положения на небе планет, комет и так называемых двойных звезд.

В западной (левой) башне находится нормальный астрограф. Он представляет собой две трубы: одну фотографическую, а другую визуальную, скрепленные вместе в одной общей оправе. На рис. 36 видно, что у нижней трубы вместо окуляра приделана кассета для фотографической пластинки. Верхняя труба служит ведущей. Этот рисунок показывает, как производится фотографирование на нормальном астрографе. Наблюдатель смотрит все время в окуляр ведущей трубы и следит, чтобы выбранная им в качестве ведущей звезда не сходила с пересечения нитей в поле зре-

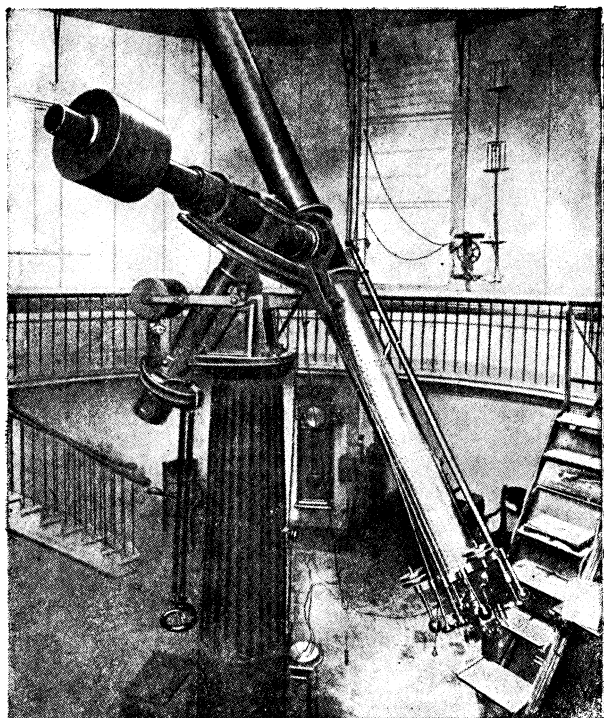


Рис. 35. 15-дюймовый рефрактор.

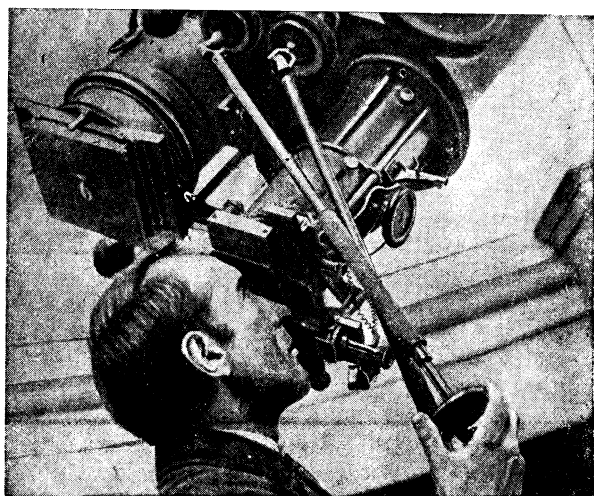


Рис. 36. Наблюдение на нормальном астрографе.

ния. Для этого он, когда это нужно, слегка изменяет положение трубы, поворачивая особые винты или к л ю ч и, головки которых находятся у него под рукой.

Полученные фотографии звезд тщательно измеряются на особых измерительных приборах, один из которых изображен на рис. 37. Пластинка прочно укрепляется в особую рамку, вделанную в массивную подставку, опирающуюся на три ножки. Астроном смотрит на пластинку через особый микроскоп, в поле зрения

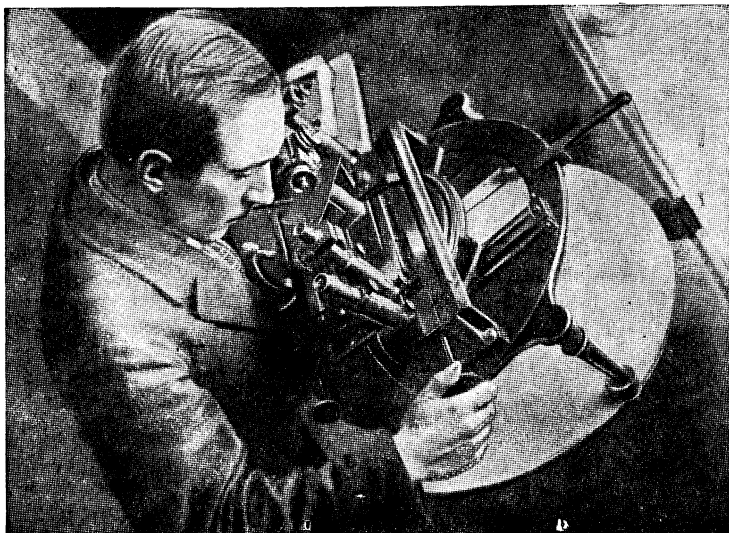


Рис. 37. Прибор для измерения фотографических пластинок.

которого имеется сетка нитей. При помощи чрезвычайно точно нарезанных винтов он наводит нить на изображение звезды и замечает соответствующее деление на головке винта. Таким образом удастся измерить положение звезды с огромной точностью.

Другой прибор, изображенный на рис. 38, служит для сравнения между собой двух фотографий одного и того же звездного участка, произведенных в разные моменты. Здесь мы видим две рамы, в каждой из которых закрепляется пластинка. Окуляр микроскопа, в который смотрит астроном, находится посередине и спереди. При помощи специальных систем стекол в этот окуляр можно рассматривать обе пластинки одновременно. В этом случае прибор действует как с т е р е о к о м п а р а т о р, аналогично стереоскопу, при помощи которого одновременно рассматриваются два определенным образом отличающихся друг от друга снимка одного и того же предмета; вследствие этого предмет представляется рельефным.



Можно также в микроскоп смотреть по-очереди то на одну, то на другую пластинку, и тогда прибор действует, как б л и н к м и к р о с к о п. Быстро чередуя в поле зрения пластинки, мы легко обнаруживаем, не произошли ли какие-либо изменения среди звезд, снятых на фотографиях. Если, скажем, какая-нибудь звезда немного переместилась среди других звезд, то мы при таком наблюдении увидим, что передвинувшаяся с своего места звезда будет в поле зрения микроскопа как бы прыгать с одного места на другое.

Так же легко обнаружить изменения яркости какой-нибудь звезды, т. е. е е п е р е м е н н о с т ь. Чем ярче звезда, тем более черным и крупным кружочком она выйдет на пластинке. Поэтому,

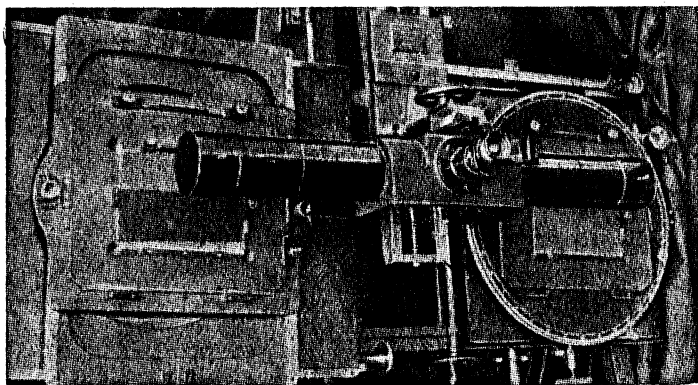


Рис. 38. Стереоскопатор.

когда мы будем смотреть то на одну, то на другую фотографию, все звезды останутся неизменными, а переменная звезда будет как бы мигать в поле нашего зрения.

Особенно ценен этот прибор тогда, когда хотят открыть на небе новую планету. Обычно это бывает так называемая м а л а я п л а н е т а или астероид. Это очень небольшие небесные тела. Огромное множество их движется вокруг Солнца между планетами Марсом и Юпитером. В настоящее время известно уже около 1400 астероидов и каждый год их открывают по несколько десятков.

По внешнему виду малая планета ничем не отличается от множества окружающих ее слабых звездочек; свое присутствие на фоне звезд она выдает лишь тем, что постепенно перемещается среди звезд. Не будь к услугам астронома фотографии и блинк-микроскопа, выделить из среды звезд такую планету было бы так же трудно, как найти иголку в стоге сена. Пришлось бы в каждом данном случае определять положение всех звезд соответствующей области неба; только таким путем удалось бы установить какая среди них — планета, а не звезда.

При помощи блинкмикроскопа мы можем отыскать на пластинке планету буквально в несколько секунд. Отсюда видно, какую громадную экономию сил и времени дает механизация астрономических наблюдений. К тому же блинкмикроскоп дает возможность не только обнаружить планету, но и определить с большой точностью скорость ее передвижения по небу.

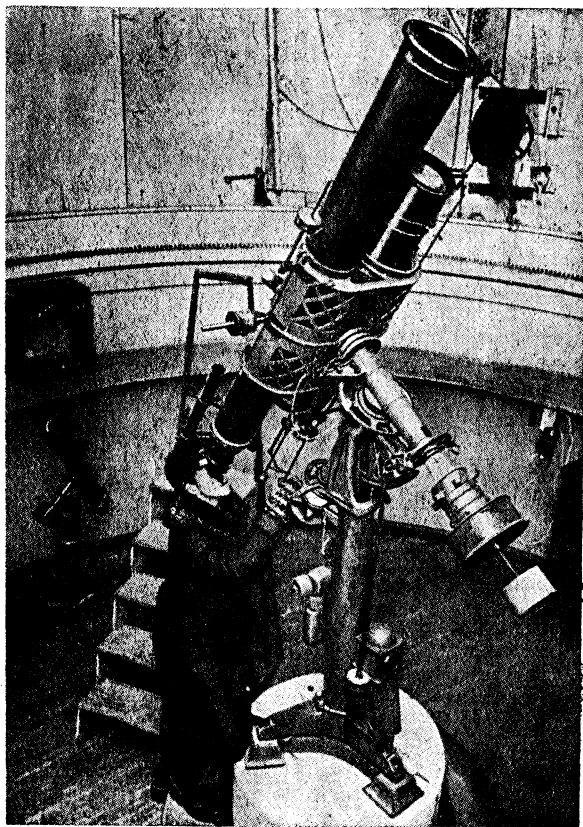


Рис. 39. Бредихинский астрограф.

В качестве стереокомпаратора этот прибор работает аналогичным образом. При этом передвинувшаяся с своего места звезда кажется нам как бы выдвинувшейся вперед по отношению к другим звездам. А это опять-таки позволяет не только обнаружить эту звезду, но и измерить величину ее перемещения или, как говорят астрономы, измерить ее собственное движение.

В восточной (правой) башне помещался так называемый бредихинский астрограф (рис. 39), названный так по имени одного из

прежних директоров обсерватории, знаменитого русского астрофизика Ф. А. Б р е д и х и н а. У него труба тоже двойная, как и у нормального астрографа. При этом более длинная труба — ведущая, а более короткая и толстая — фотографическая. Предназначается он для фотографирования спектров сразу большого количества звезд.

Для этого перед объективом помещается стеклянная призма, которая для удобства обточена так, что имеет круглую форму и диаметр ее равняется как раз диаметру трубы. Таким образом свет от звезд, проходя через призму, разлагается в спектр, кото-

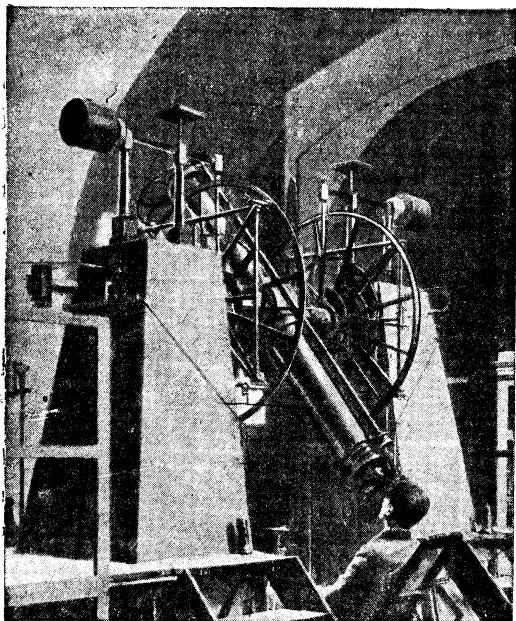


Рис. 40. Меридианный круг.

рый и фотографируется на пластинке, причем на ней одновременно выходят спектры всех звезд, находящихся в поле зрения трубы. Большой диаметр у трубы (она толстая) сделан для того, чтобы собирать как можно больше света от звезд.

Кроме звезд на астрографе можно очень хорошо (без призмы, конечно) фотографировать планеты, кометы и туманности, и вообще все слабые объекты. Когда говорят, что этот прибор светосильный, то этим подчеркивают его способность фотографировать слабые объекты.

В настоящее время бредихинский астрограф перевезен в Узбекистан, на обсерваторию в Китабе; здесь он может быть использован лучше, чем в Пулковке с его пасмурным небом.

Между крайними башнями и средней видны две крытые галереи с прорезами в крыше. Эти прорезы направлены по меридиану, т. е. в точности с севера на юг (на рисунке отчетливо виден только один прорез с раскрытым люком). В этих галереях установлены приборы, служащие для точного определения положений звезд на небе.

На рис. 40 и 41 изображены два таких прибора: меридианный круг и большой пассажный инструмент. Оба они могут поворачиваться лишь в одной вертикальной плоскости, в данном слу-

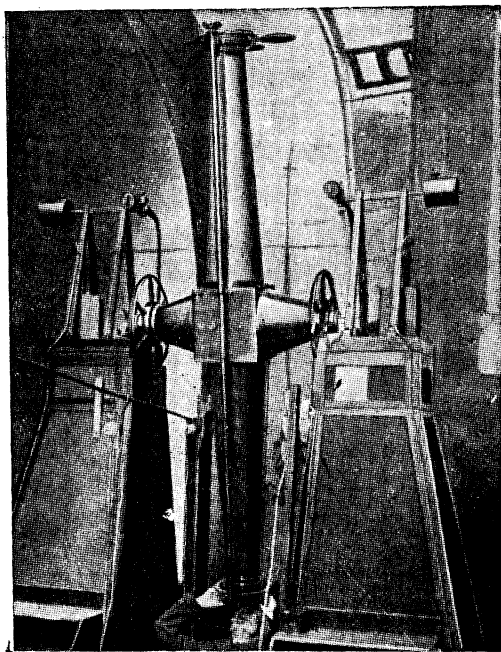


Рис. 41. Большой пассажный инструмент.

чае в плоскости меридиана. Оси вращения этих инструментов опираются на массивные каменные столбы, уходящие глубоко в землю. Это обеспечивает полную незыблемость этих точнейших приборов.

Если нужно определить положение некоторого числа звезд, т. е. составить астрономический каталог, то работа обычно делится на две неравные части между пассажным инструментом и меридианным кругом. На первом определяют со всей возможной тщательностью положения лишь небольшого числа избранных звезд, которые тогда получают название **ф у н д а м е н т а л ь н ы х**. А затем уже на меридианном круге определяют положение остальных звезд по отношению к фундаментальным. Таким образом.

пассажный инструмент обеспечивает высокую точность, а меридианный круг — большое число измеренных положений.

Звездные каталоги поступают в распоряжение геодезистов и моряков, которые при помощи этих каталогов определяют свое местонахождение на земной поверхности. Сами астрономы значительную часть своей работы тоже основывают на этих каталогах.

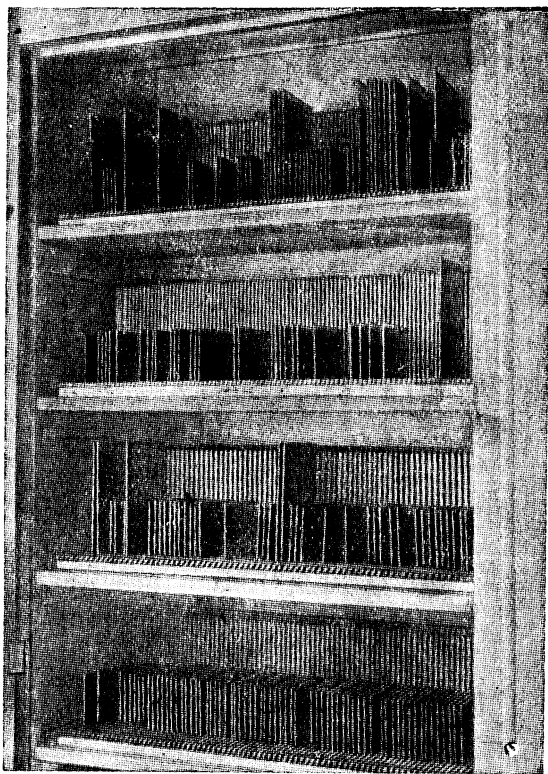


Рис. 42. Шкаф с фотографическими пластинками из «стеклянной библиотеки» Пулковской обсерватории.

Возьмем, например, нормальный астрограф. Мы знаем, что полученную на нем пластинку можно очень точно измерить, т. е. определить положение снятых на ней звезд. Но положение по отношению к чему? По отношению к краям пластинки или к стенкам измерительного прибора? Очевидно, что в этом не было бы никакой пользы. На самом деле делается следующее: на каждой пластинке среди прочих звезд обязательно должно найтись несколько таких, точное положение которых уже было предварительно определено на меридианном круге. Такие звезды выделяются особо и получают название *опорных*. Само же измерение пла-

стинки сводится к тому, что положение остальных звезд определяется по отношению к опорным звездам. Выходит так, что при своих измерениях астроном как бы опирается на эти звезды. Вот откуда берется и их название.

Таким образом, на нормальном астрографе астроном лишь завершает ту работу, которая была начата на пассажном инструменте и продолжена на меридианном круге. Без работы меридианных кругов и пассажных инструментов не может обойтись и астрофизика. Так одна отрасль астрономии дополняет другую.

Вернемся к описанию обсерватории. Справа и слева к главному зданию примыкают два жилых здания. Здесь живут астро-

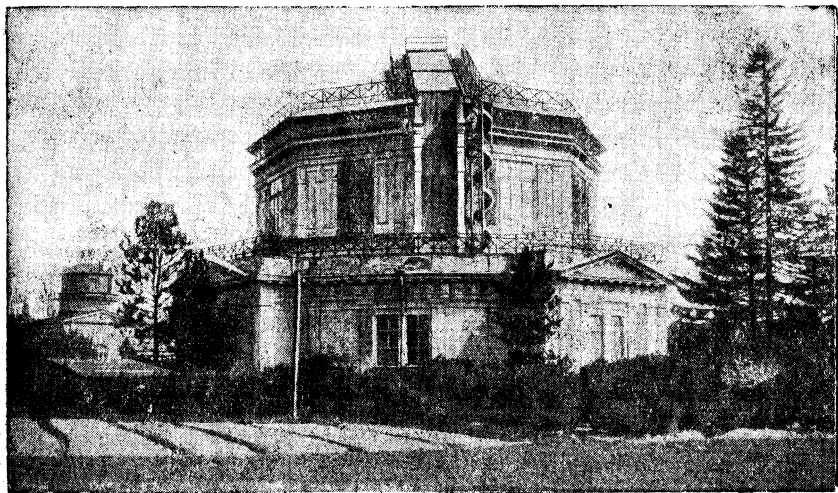


Рис. 43. Башня 30-дюймового рефрактора.

номы и обслуживающий обсерваторию персонал. Ясное дело, что по самому характеру их работы, и те и другие должны жить там, где находятся их инструменты, чтобы в любой момент, как только проявится, быть готовыми работать.

Несколько особняком (оно не видно на рис. 34) стоит двухэтажное здание астрофизической лаборатории, где хранятся в особых шкафах фотографические пластинки (рис. 42), образующие «стеклянный архив» обсерватории и где на различных приборах исследуются и измеряются снятые фотографии.

Еще ближе к переднему плану, совсем отдельно от других, расположена большая башня (рис. 43), в которой находится гигантский 30-дюймовый рефрактор (этой башни на рис. 34 нет). Так же, как и у башен, находящихся на главном здании, верхняя часть ее может поворачиваться. Это делается при помощи специального электромотора. Так же, как и у тех башен, в крыше имеется прорез с люками, которые можно по желанию

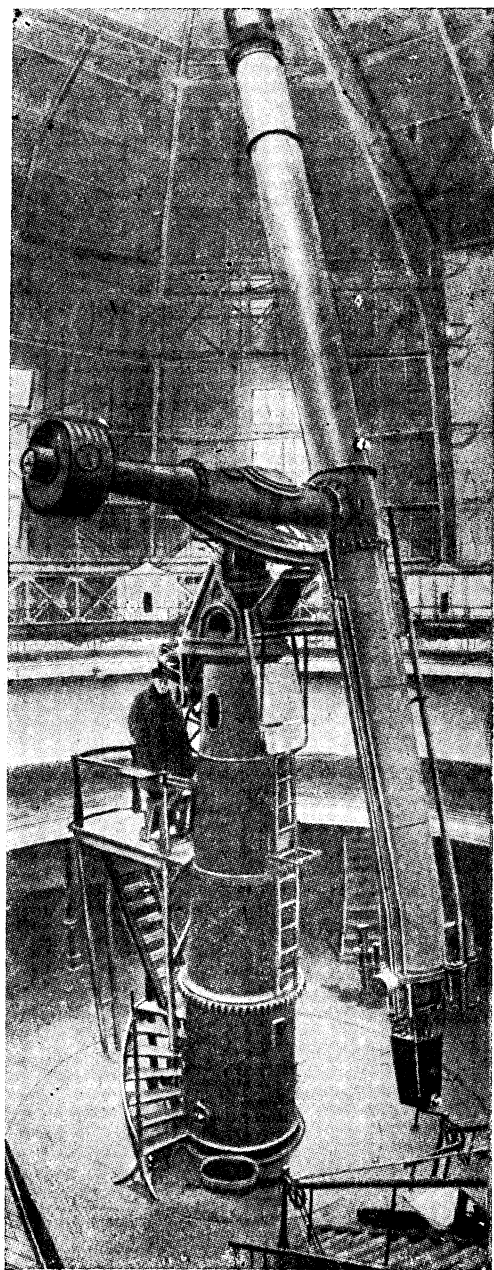


Рис. 44. 30-дюймовый рефрактор Пулковской обсерватории.

открывать и закрывать. Сам рефрактор изображен на рис. 44. Мы видим, что на окулярном конце длинной его трубы прикреплен ящик в виде усеченной пирамиды. Этот ящик, доставляющий немало разочарований посетителям обсерватории, которые хотели бы «хоть одним глазком» посмотреть в трубу, заключает в себе особый прибор для фотографирования получаемых при его помощи спектров. Называется он поэтому не спектроскопом, как обычный прибор для получения спектров, а спектрографом. С его помощью можно фотографировать спектры звезд и по ним узнавать их химический состав, температуру, скорость, с которой они к нам приближаются или удаляются и т. д., т. е. все то, о чем мы уже говорили в главе об астрофизике.

Наблюдения на 30-дюймовом рефракторе имеют то существенное отличие от наблюдений, скажем, на бредихинском астрографе, с которым тоже можно фотографировать звездные спектры, что здесь можно одновременно фотографировать спектр лишь одной звезды. Зато этот спектр получается в гораздо большем масштабе, что, очевидно, позволяет изучить его с гораздо большими подробностями, чем там.

## 24. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На этом мы закончим описание Пулковской обсерватории. Оно было, конечно, далеко неполным: мы не описали даже и половины всех имеющихся на ней телескопов, разнообразных и очень интересных приборов, служащих для изучения спектров звезд, для определения их яркости и др.

Можно было бы рассказать о громадном солнечном телескопе, лежащем в одной из специально отведенных для него комнат в нижнем этаже здания лаборатории. Солнечный свет попадает в него при помощи остроумной системы подвижных зеркал.

Можно было бы рассказать также о важном отделе обсерватории — службе времени: она ежедневно шесть раз в сутки передает по радио и по телеграфу точнейшие сигналы времени, позволяющие узнавать время с точностью до тысячных долей секунды. Служба времени имеет обитые пробкой подвалы, где под стеклянными колпаками в разреженном воздухе при постоянной температуре идут астрономические часы, каждые из которых представляют собой чудо современной точной механики.

Можно было бы, наконец, рассказать об отделениях Пулковской обсерватории в Симеизе и Николаеве. В Симеизе, например, стоит самый большой в Союзе и один из самых крупных в Европе 40-дюймовый рефлектор. Но для того чтобы все это описать, нужно было бы написать еще целую книгу.

Из нашего краткого обзора видно, как необычайно разнообразна и многогранна работа современного астронома и как сильно отличается она не только от того, чем занимались астрономы во времена Тихо Браге и Гевелия, но и от работы астрономов прошлого века. Развитие техники внесло полную революцию в астрономию и коренным образом ее изменило.

Одновременно с расширением астрономических исследований, включающих такую громадную и новую область, как астрофизика, выросло и значение астрономии. Астрономия тесно сомкнулась с другими науками о природе: физикой и химией. Проблемы внутреннего строения звезд теснейшим образом переплетаются с такой важнейшей проблемой современного естествознания, как строение вещества, с проблемой скрытой в его атомах энергии. Не случайно для решения своих задач физики все чаще и чаще обращаются к астрономии, а астрономы, в свою очередь, все чаще и чаще, начав говорить о планетах и звездах, совершенно естественно переходят к молекулам и атомам, так как звездные спектры излучают не сами звезды, а находящиеся в звездах атомы различных веществ. Без работы астрономов современный физик не может обойтись так же, как астрофизик не может обойтись без работы астрометриста, работающего на меридианном круге.

То, что недоступно физика, очень часто доступно астроному. Физик в своих лабораториях не может получить температуру выше 2—3 тыс. градусов, астрономы в повседневной работе имеют



дело со звездами, на поверхности которых температура поднимается до 15 тыс. градусов и выше.

А что делается внутри звезд? Там температура достигает десятков миллионов градусов. И поэтому понятно, что когда физик изучает поведение вещества при очень высоких температурах, то ему поневоле приходится обращаться к астрономии. Тоже самое и с давлением. На небесных телах, составляющих предмет изучения астрономов, мы встречаем чудовищно большие давления внутри звезд и чрезвычайно малые в газовых туманностях. О таких давлениях физик в своих лабораториях не может даже и мечтать. Не даром астрономы часто называют свои звезды и туманности лабораториями природы.

Велико значение советской астрономии также и в борьбе с пережитками проклятого прошлого в сознании людей. Астрономы решают задачу о том, откуда произошла Земля, как образовался весь окружающий нас мир и тем самым разоблачают нелепость религиозных сказок. Не может быть правильного материалистического мирозерцания без овладения сокровищами научного естествознания. И мы с гордостью можем сказать про астрономию, что среди других естественных наук она в этом отношении занимает виднейшее место.

Мы чтим память астрономов, которые в беспросветные годы безраздельного господства поповщины мужественно подымали свой голос протеста против церковного мракобесия и которых «святейшая» инквизиция гноила в тюрьмах и сжигала на кострах. И в наши дни мы считаем своим священным долгом продолжать их дело. На основе единственно правильной, многократно проверенной и подтвержденной грандиозными успехами строительства социализма в нашей стране философии Маркса—Энгельса—Ленина—Сталина, мы ведем борьбу со всякими формами мракобесия в науке, со всякими попытками извратить и обесценить науку, с попытками ныне, в XX столетии, которое входит в историю под знаком победы коммунизма на всем земном шаре, поставить науку на службу самой неприкрашенной поповщины. Умирающий в судорогах капитализм собирает свои последние силы и пытается организовать наступление на рабочий класс, чтобы задуть его революционные стремления. В этом деле он не брезгует никакими средствами. Верный пес капитализма фашизм топит в крови целые народы, он душит даже те куцые демократические свободы, которые до сих пор допускала буржуазия.

Но не только тюрьмы и пушки являются оружием капитализма и фашизма. Они пускают в ход и более тонкие методы воздействия на массы. К их услугам продажная социал-демократия, к их услугам религия и, наконец, реакционные литература и наука. Если задача фашизма состоит в том, чтобы огнем и железом подавлять растущее недовольство трудящихся масс, то задача религии состоит в том, чтобы усыплять волю трудящихся к борьбе за свое освобождение.

Среди определенных кругов наиболее реакционной части ученых капиталистических стран создаются и тщательно разрабатываются различные «теории», одним из основных выводов которых является возрождение библейской сказки о сотворении мира. Этому делу способствует открытие так называемого «красного смещения» в спектре внегалактических туманностей. Мы не можем, конечно, сколько-нибудь подробно останавливаться здесь на этом явлении и потому ограничимся лишь несколькими словами.

Это «красное смещение» состоит в том, что темные фраунгоферовы линии в спектрах туманностей оказываются сильно смещенными по сравнению со своим нормальным положением в сторону красного конца спектра. На основании известных физических законов отсюда можно (но вовсе не обязательно) сделать вывод, что все туманности удаляются от нас с громаднейшей скоростью, измеряемой тысячами и десятками тысяч километров в секунду. Мы нарочно подчеркнули то, что из красного смещения можно сделать вывод о том, что туманности удаляются, но можно и не делать. Именно так поступают наиболее дальновидные и осторожные ученые, к числу которых относится, например, и сам автор этих открытий — американский астроном Хэббл.

Однако не все поступают так. Имеется немалая группа весьма видных ученых вроде Эддингтона, де-Ситтера, профессора и вместе с тем католического аббата Леметра и др., которые из этого делают вывод, что вся наша вселенная в целом будто бы «расширяется», факт же ее «расширения» означает будто бы то, что два миллиарда лет назад объем вселенной был равен нулю и, что, следовательно, два миллиарда лет назад вселенная и была сотворена.

Неискушенный читатель может подумать, что слово «сотворена» сорвалось у нас с пера лишь невзначай. Увы, это не так! К сожалению, это слово стало часто встречаться на страницах не только богословских книг, но и на страницах некоторых серьезных астрономических журналов и книг, издаваемых на Западе. Многие уже дошли до того, что считают «само собой разумеющимся», что мир был сотворен существом, которое деликатно называют не просто богом, как в библии, а «Великим Архитектором», или «Великим Атомом» и т. д. Но дело от этого, конечно, не меняется.

Ясное дело, что советские астрономы не могут оставаться равнодушными к этой чертовщине. Они работают над тем, чтобы разоблачать таящийся в этих «теориях» обман и отделить настоящие достижения науки от научной фальсификации. И в этом деле советские астрономы не одиноки. Вместе с ними идут и передовые астрономы Запада, которые своими работами также разоблачают научную фальшь. Целый ряд крупных ученых в Европе и Америке выступают открыто против теорий «расширяющейся» вселенной. Но ученые на Западе — одиночки, за спиной же советских астрономов стоит многомиллионный коллектив — великая армия советских народов, — и в этом сила и опора ученых, в этом мощь социалистической науки.

# СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Астрономия до изобретения телескопа . . . . .	3
2. Древние часы . . . . .	7
3. Измерительные инструменты . . . . .	9
4. Тихо Браге . . . . .	10
5. Инструменты Тихо Браге . . . . .	14
6. Инструменты Гевелия . . . . .	17
7. Армиллярные сферы . . . . .	19
8. Изобретение телескопа . . . . .	21
9. Устройство астрономической трубы . . . . .	22
10. Эволюция астрономических инструментов после изобретения зритель- ной трубы . . . . .	25
11. Олаф Рёмер . . . . .	29
12. Инструменты Рёмера . . . . .	31
13. Астрономические трубы XVI—XVII столетий . . . . .	35
14. Ахроматические объективы . . . . .	37
15. Современные рефракторы . . . . .	40
16. Рефлекторы, их устройство и история . . . . .	45
17. Вильям Гершель и его телескопы . . . . .	51
18. Судьба Гершеля . . . . .	54
19. Современные гиганты . . . . .	56
20. Стекло для объективов . . . . .	59
21. Спектральный анализ . . . . .	62
22. Фотографический метод . . . . .	63
23. Работа современной обсерватории . . . . .	69
24. Заключение . . . . .	81

Цена 1 руб. 80 коп.

К-439

0-80