

52  
Г 524

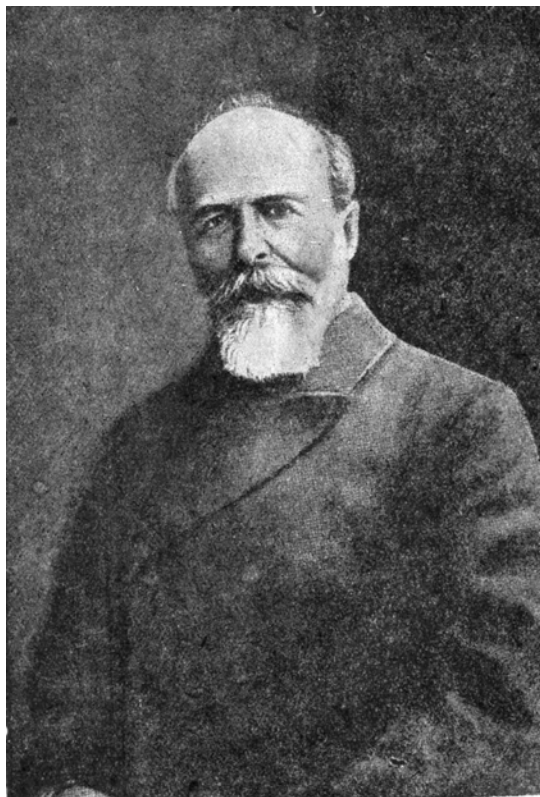
С. П. ГЛАЗЕНАП

ДРУЗЬЯМ  
И  
ЛЮБИТЕЛЯМ  
АСТРОНОМИИ



ОМТИ • 1936





ПРОФЕССОР СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ ГЛАЗЕНАП

*Проф. С. П. Глазенап*

Почетный член Академии Наук СССР

# ДРУЗЬЯМ И ЛЮБИТЕЛЯМ АСТРОНОМИИ

*Издание третье*

*дополненное и переработанное*

*под редакцией*

**проф. В. А. Воронцова-Вельяминова**

2 р. 50 к., пер. 1 р.



---

**ОНТ**

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ

НАУЧНО - ПОПУЛЯРНОЙ И ЮНОШЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Москва

1936

Ленинград



Автор книги — старейший ученый астроном, почетный член Академии наук, написал ряд научно-популярных и специальных трудов по астрономии, на которых воспитано не одно поколение любителей астрономии. „Друзьям и любителям астрономии"—научно-популярная книга сочетающая очерк мироздания с руководством и справочником по астрономии. Она рассчитана на массового любителя астрономии, производящего наблюдения звездного неба без телескопа, дает понятие о методах астрономического исследования и вооружает простейшими из этих методов. В данном III издании, в значительной части переработанном, автор передает свой опыт молодым любителям астрономии, оказывая им существенную помощь в их самостоятельной исследовательской работе. Особое внимание уделено автором истории и современному состоянию астрономии.

## ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ

Книга профессора С. П. Глазенапа «Друзьям и любителям астрономии» в дореволюционной России выдержала два издания — в 1904 и в 1909 гг., из которых первое было премировано 6. Русским астрономическим обществом. Такой успех был обусловлен не только скудостью научно-популярной литературы при царизме, но, конечно, и объективными достоинствами книги. Проф. С. П. Глазенап является одним из первых блестящих популяризаторов астрономии в России, и его перу принадлежит множество высоколитературных и увлекательных книг и статей, побудивших многих и многих сделаться друзьями и любителями астрономии, или даже специалистами-учеными в этой области. Еще ценнее, однако, тот факт, что С. П. Глазенап является первым русским ученым-специалистом, красноречиво и настойчиво призывавшим любителей перейти от пассивного созерцания природы к активному ее изучению, к самостоятельному научному творчеству, к посильному строительству здания науки. Целый ряд руководящих практических и методических указаний проф. С. П. Глазенапа воспитал многочисленные кадры любителей—исследователей переменных и падающих звезд и многие из современных, широко известных ученых воспитались на первых изданиях книги «Друзьям и любителям астрономии».

Советская власть, сделав науку достоянием трудящихся, не только пробудила в широких массах жгучую жажду знания, но и открыла простор для творческой инициативы, вызвала бурный рост любительских обществ и кружков. За годы после Октябрьской революции советские любители астрономии вышли на одно из первых мест в мире по обилию и по значению производимых ими наблюдений и исследований. К голосу советских наблюдателей переменных и падающих звезд чутко прислушиваются и в зарубежном научном мире.

Между тем, создавшаяся до революции отсталость в издании руководств и пособий для разрастающейся сети любителей науки о звездном небе еще далеко не изжита выпусками советской литературы, тем более, что благодаря растущей тяге к знанию книги зачастую расходятся ранее чем об их выходе узнают все заинтересованные лица. Принимая во внимание эти потребности, учитывая блестящий след, вставленный книгой проф. С. П. Глазенапа в историю развития научного любительства в России и идя навстречу пожеланиям, высказанным Всесоюзным астрономо-геодезическим обществом, редакция научно-популярной и юношеской литературы предприняла третье издание настоящей книги.

Со времени последнего, второго, издания книги протекло более четверти столетия, в течение которого возникли совершенно новые отрасли науки — астрофизики, и большинство взглядов на строение вселенной и на физическую природу небесных тел претерпело большое изменение. Но иной стала не только наука, которой посвящена книга «Друзьям и любителям астрономии», изменился и ее читатель. На смену любителям астрономии царской России, — в большинстве своем интеллигентов или привилегированных, учащихся, зачастую людей идеалистически и мечтательно настроенных,— пришел новый читатель. По большей части — это рабочая учащаяся молодежь, материалистически относящаяся к природе, выросшая в условиях нового быта и коллективного труда.

В виду этого прекрасную книгу профессора С. П. Глазенапа пришлось коренным образом переработать и дополнить. Много дополнений было написано самим проф. С. П. Глазенапом и им же при участии проф. П. М. Горшкова и Д. Будницкого была выполнена некоторая доля предварительного редактирования нового издания. Большой объем работы потребовал, однако, привлечения ряда астрономов-специалистов для составления до-

полнений по соответствующим областям науки, астрономов, близко знакомых с нуждами и запросами любителей. В то же время для сохранения единства стиля, языка и равновесия в размере дополнений, редактирование всей работы в целом было поручено одному ответственному лицу. Перечислить изменения, внесенные в книгу по сравнению со вторым изданием, представляется крайне затруднительным, и желающие сами могут попытаться взять на себя этот труд. Укажем, однако, что поскольку книга предназначена, главным образом, как практическое руководство для лиц, не располагающих телескопом, при переработке главы «Созвездия» было бы излишне пополнять ее всеми многочисленными данными «телескопической астрономии», полученными за последние 30 лет. Поэтому в данной главе добавлены краткие описания только наиболее типичных объектов, изучение которых открыло в астрономии принципиально новые перспективы.

В главах о кометах, падающих и переменных звездах большое участие в переработке приняли соответственно: С. К. Всехсвятский, И. С. Астапович и П. П. Паренаго.

Авторство сотрудников по основным дополнениям распределяется следующим образом:

	Стр.
<i>Проф. Б. П. Герасимович</i> (директор Пулковской обсерватории) .....	26 — 28
<i>Проф. Г. К. Неуймин</i> (Симеизская обсерватория).....	87 — 89
<i>Проф. К. Д. Покровский</i> (директор Одесской обсерватории).....	13, 188—193
<i>П. П. Паренаго</i> (старший сотрудник Астрономического Института им. Штернберга в Москве и зав. отделом переменных звезд ВАГО) .....	194, 198, 199, 201—203, 206, 212—216
<i>И. С. Астапович</i> (старший сотрудник Астрономического Института им. Штернберга в Москве) .....	144, 145, 149, 156—159, 168, 174—176, 181
<i>Проф. С. К. Всехсвятский</i> (Ленинград) .....	120—125, 132—134
<i>Проф. Б. А. Воронцов-Вельяминов</i> (Москва) .....	9, 12, 29, 30, 32, 37, 38, 65, 105—107, 218, 219

Кроме того, Б. А. Воронцовым-Вельяминовым написана большая часть мелких дополнений в разных главах, особенно в главе «Созвездия», произведена вся общая и вся окончательная переработка и редакция текста книги и дополнений, включая наблюдение за ее печатанием.

Большая часть перечисленных выше лиц в той или иной мере является учениками С. П. Глазенапа.

Необходимо пожелать, чтобы Сергей Павлович Глазенап, являющийся старейшим из современных советских астрономов (он родился в 1848 г.) и такой отзывчивый к запросам общественности, еще долго и успешно продолжал свою полезную научную и популяризаторскую работу, воспитывающую молодые кадры советских ученых.

## ВВЕДЕНИЕ

Уже тысячи лет назад с вершин египетских пирамид и с высот халдейских храмов следили жрецы за течением небесных светил. Немало научных сведений добыли эти служители культа за время своих тысячелетних наблюдений, но эти сведения они хранили в тайне от простого народа, пользуясь полученными знаниями для упрочнения своего авторитета и для большего еще угнетения трудящихся масс.

Тысячелетия прошли, и в Советском союзе власть и наука стали достоянием трудящихся. Сотни тысяч рабочих и крестьян вошли в двери учебных заведений и, овладевая наукой, выковывают свое материалистическое мировоззрение и применяют полученные знания к построению социализма в нашей великой стране.

Изучение необъятной вселенной, окружающей нашу Землю, играет огромную роль в борьбе с религиозными предрассудками, оставшимися еще кое-где в наследство от старого прошлого. Знакомство с явлениями, происходящими в безднах мирового пространства, расширяет кругозор человека, помогает ему материалистически смотреть на все происходящее в природе.

Ясная, тихая ночь с многочисленными светилами чарует наши взоры. Сколько удовольствия мы испытываем, любуясь небесными светилами! Оно удваивается, если в нашем распоряжении имеется хорошая астрономическая труба и если мы можем рассматривать подробности небесных светил: какие чувства рождаются тогда в душе наблюдателя, какие стремления возникают в его уме! Но удовольствие, испытываемое наблюдателем, увеличится во много раз, если он не ограничится одним только созерцанием звездного неба, а станет производить систематические наблюдения и извлекать из них результаты.

С понятием «производить наблюдения» обыкновенно связывается представление об обсерватории с высокой башней, обставленной ценными инструментами. Это мнение только отчасти справедливо. Действительно, если вы изберете задачу изучение химического состава светил или определение скорости их движений, то без хорошего прибора, называемого спектрографом, с превосходным часовым механизмом, не обойтись; если вы пожелаете производить измерения положений спутников относительно их планет, или измерять двойные звезды, то без телескопа с микрометром вы ничего не поделаете; если, наконец, вы поставите себе целью составлять точнейшие звездные каталоги, то без особо устроенных приборов и хорошей обсерватории ничего нельзя сделать. Но наука не ограничивается одними этими вопросами, а вселенная со своими небесными светилами и явлениями без-



гранична: она не имеет предела ни в протяжении, ни в числе светил, ни в разнообразии; существует множество других одинаково важных задач, решение которых доступно всем и каждому без особых приборов и дорогих приспособлений, а также без знания высшей математики.

Мы далеки от желания доказывать ненужность математики: успех астрономии зависит от знания математики и от умения применять ее к исследованию небесных явлений, но мы хотим обратить внимание на то, что и незнающий математики может производить ценные наблюдения и обогащать ими современную науку.

И в наше время, богатое совершенными приборами и хорошо оборудованными обсерваториями, нередко астроном с самыми скудными средствами производит ценные наблюдения и извлекает из них замечательные выводы.

История науки полна примеров того, как рядовые труженики, не получившие специального научного образования, благодаря упорному труду, воле и систематичности своих наблюдений, обогатили науку ценнейшими открытиями или фактическими данными из области астрономии.

Мы не будем приводить примеров того, когда такими любителями-астрономами явились люди, обладавшие в условиях капитализма достаточными средствами и на эти средства, а отчасти и личным трудом, построившие новые большие телескопы или обсерватории, превосходящие по качеству или по размерам то, что было построено до них государственными учреждениями. Мы приведем в пример самых обыкновенных людей, не обладавших ни денежными средствами, ни титулами, но оставившими большой след в истории науки. Мы укажем на немецкого почтового чиновника Хенке в Дрездене, наблюдавшего в часы досуга небесные светила и открывшего несколько малых планет, обращающихся вокруг Солнца между орбитами Юпитера и Марса. Мы вспомним о часовых дел мастерах Кувье-Гравье, жившем в окрестностях Парижа: в течение многих лет он считал число падающих звезд и тем доставил науке неоценимый материал для изучения природы этих светил. Ни тот, ни другой не имели специальной математической подготовки и не владели дорогими приборами. Мы упомянем также о враче Ольберсе из Бремена; ему астрономы обязаны открытием нескольких комет и малых планет, а также развитием и изложением простейшего способа определения путей комет по трем наблюдениям их положения на небе. Мы обратим внимание читателя на скромного труженика науки, доктора-практика Эндржеевича в Плонске, измерявшего по ночам двойные звезды крошечным прибором.

Среди известнейших открывателей комет, имена которых сохранились за этими кометами, можно назвать Свифта (жестяника по профессии) и Темпеля (гравера, крестьянина по происхождению).

Крупнейший ученый XIX—XX столетий Барнард начал свои исследования еще в качестве уличного фотографа. Известный астроном В. К. Бонд, так же как и исследователь падающих звезд Кювье-Гравье, был вначале своей научной карьеры обыкновенным часовщиком. Известный исследователь планет Шретер был служащим ведомства юстиции.

Открытие новой звезды в созвездии Живописца в 1925 году было произведено почтовым служащим Ватсоном; открытие новой звезды в Пресее в 1901 году — учеником средней школы Борисяком.

Тысячи имен любителей астрономии хорошо известны науке, как имена ее активных сотрудников, но истории неизвестны в большинстве случаев их точные профессии и их социальное положение.

В ряде стран образовались общества и кружки друзей и любителей астрономии, ставящие своей целью не только ознакомление с наукой, но и систематическое участие в ее развитии преимущественно при помощи наблюдений Солнца, падающих и переменных звезд и т. п.

Каждый участвует в этих наблюдениях постольку, поскольку ему позволяют время, способности или знания.

Октябрьская революция, открыв дорогу творческим способностям пролетариата, вызвала в массах огромный интерес к науке вообще и к астрономии в частности.

В настоящее время все значительные кружки и общества друзей науки о небе объединены Всесоюзным астрономо-геодезическим обществом, правление которого находится при Московском планетарии. Отделения этого общества находятся в Москве, в Горьком, в Харькове, в Одессе, в Чите и других городах. Это общество разрабатывает инструкции к научным наблюдениям различных явлений, проводит консультации и издает различные пособия для любителей астрономии. Более ценные наблюдения любителей и их результаты печатаются в периодически издаваемых «Бюллетене коллектива наблюдателей ВАГО» и в бюллетене

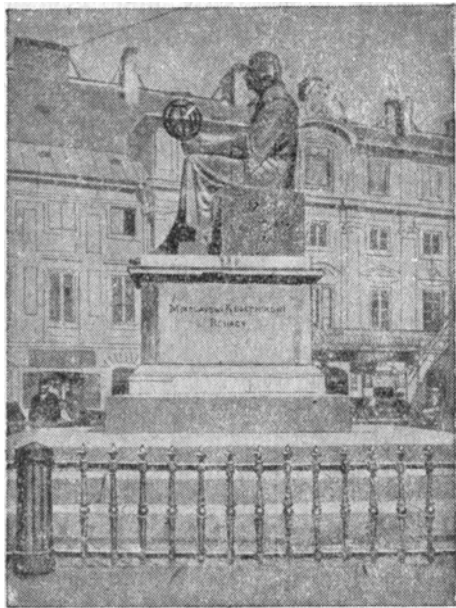


Рис. 1. Памятник Копернику в Варшаве.

«Переменные звезды». Эти издания рассылаются по СССР и за границу, где было отмечено бурное развитие научно-любительских наблюдений в стране Советов.

Особенностью любительских наблюдений в СССР является то, что многие из них организуются коллективно, с вовлечением многих лиц. Этот метод исследования позволяет разрешать задачи, непосильные для отдельных любителей и ученых, и, что очень важно, позволяет изучить причины и характер различных ошибок, неизбежных при производстве наблюдений.

Для того, чтобы наблюдения любителя получили научную ценность, необходимо хорошо ознакомиться со звездным небом и развить в себе умение точно, критически и аккуратно описывать наблюдаемые небесные явления. Необходимо наметить себе хотя бы небольшой план работы, согласовав его как со своими личными возможностями, так и с климатическими условиями и особенностями местности. При наблюдениях необходимо стремиться к их максимальной тщательности и систематичности. Случайные отрывочные наблюдения во многих случаях имеют меньше цены, чем наблюдения менее точные, но производившиеся каждую ясную ночь в течение продолжительного времени. Начинать следует с наиболее простых наблюдений и не смущаться, если вначале их результаты будут скудны. Астрономические наблюдения, как и всякое другое дело, требуют приобретения некоторого навыка, требуют упражнений.

Настоящая книга рассчитана на любителя, не располагающего телескопом. Маленький телескоп позволяет, конечно, лучше ознакомиться с различными небесными светилами и явлениями, на них происходящими, но научные наблюдения, доступные при помощи маленького телескопа, немногим обширнее, чем научные наблюдения, производимые при помощи хорошего призматического бинокля.

Считаем необходимым заметить, что при описании созвездий мы в некоторых случаях описали телескопические светила. Да извинит нас снисходительно читатель! Сказать правду, мы увлеклись дивным строением некоторых миров вселенной, видимых только в телескоп, и в нескольких строках передали о них нашему читателю.

Читатели найдут в книге различные указания на необходимые приборы и пособия. Здесь укажем лишь, что для различных справок очень полезно иметь «Астрономический календарь», издаваемый в г. Горьком. В его постоянной части содержатся различные постоянные цифровые данные, подробные инструкции к наблюдениям и т. п. Переменная часть этого календаря издается на каждый год отдельно, и там приводятся те данные, которые от года к году меняются, например положение планет среди созвездий, дни новолуний и полнолуний, затмения Солнца и Луны и т. п.

## ГЛАВА I

### ЗВЕЗДНОЕ НЕБО

**Ч**итатель, желающий изучать астрономию, должен знать звезды и уметь их разыскивать. Как бы совершенна ни была книга, избранная для изучения звезд, она все-таки окажется недостаточной: звезды и созвездия могут быть изучаемы только постоянными наблюдениями при помощи звездного атласа. Жители юга, где количество ясных ночей больше, чем на севере, где летом ночи темные, а не белые, знают звездное небо несравненно лучше жителей севера. На севере летние белые ночи, с одной стороны, и морозные зимние, с другой, служат большой помехой для изучения звездного неба; в распоряжении северных наблюдателей остаются только весенние и осенние ночи.

Жители юга уже в глубокой древности были знатоками звездного неба и некоторых небесных явлений. Колыбелью астрономии явился юг, а не север. Тихие, теплые и ясные ночи юга иногда в течение целых месяцев позволяют любоваться чудными звездами и изучать их относительное положение. Северное же небо бывает сплошь покрыто тучами по целым месяцам и лишает возможности производить наблюдения. Поэтому каждый любитель астрономии, живущий на севере, должен дорожить ясными вечерами и пользоваться ими для изучения звездного неба. Хотя каждый наблюдатель сумеет приспособиться к местным условиям при изучении звездного неба, но следующие общие указания могут быть весьма полезны.

Всего лучше выбрать место с открытым горизонтом, где бы ничто не мешало наблюдениям, и заняться сначала изучением неба, его повторными осмотрами и сравнениями со звездной картой, а затем — наблюдениями. Первый же осмотр звездного неба в ясную, безлунную ночь приведет в восторг наблюдателя: он будет поражен величием звезд и торжественною красотою неба. Он невольно вспомнит, что те звезды, которыми он восхищается в настоящую минуту, составляли предмет восхищения нескольких тысячелетий тому назад, когда человек впервые обратил свои взоры на небо, и что с этого первого знаменательного для человека вечера звезды не перестают быть предметом восхищения, наблюдения и изучения.

Небесный свод усеян звездами различного блеска; самые блестящие из них прежде всего останавливают наше внимание, и с них мы начинаем осмотр неба; относительно них мы запоминаем расположение более слабых звезд.

Все звезды распределяются на группы, называемые *созвездиями*; это распределение произведено в глубочайшей древности. Каждому созвездию давалось название леген-



дарного героя или животного; следует, однако, заметить, что только в исключительных случаях звезды своим расположением напоминают тот предмет, которым созвездие называлось. До нас не дошло никаких исторических сведений о времени, когда небо впервые было разделено на созвездия и каким образом происходила группировка звезд. Среди созвездий особое значение имеют двенадцать так называемых зодиакальных созвездий. По этим созвездиям в течение года перемещается Солнце, и когда оно находится в одном из них, то в полночь на юге видно созвездие прямо ему противоположное. Переход Солнца

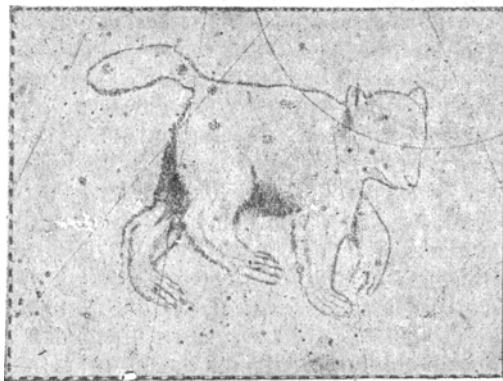


Рис. 2. Фигура созвездия Большой Медведицы на звездной карте XVII столетия.

из одного созвездия в другое знаменует наступление новой поры года, новых условий человеческого труда, связанного с природой. Поэтому в седой древности многим зодиакальным созвездиям были даны названия, характеризующие соответствующее время года. Когда на юге, в долинах Северной Африки и Месопотамии, где зародилась астрономия, наступал дождливый период и происходили разливы рек, Солнце находилось в определенной области неба, и звезды этой области были объединены в созвездие под названием Водолея. При переходе Солнца в следующее созвездие вода спадала, и в затонах наступал обильный улов рыбы, отчего соответствующее созвездие называли Рыбами. Также и летом во время жатвы решили, что Солнце находится в созвездии Девы, изображавшейся с серпом и колосом хлеба в руках. После окончания полевых работ оставалось лишь взвесить урожай, и потому Солнце считалось находившимся в созвездии Весов, которыми взвешивают урожай. Наступала пора охоты, и, вероятно, в связи с нею, были помещены на небо созвездия Стрельца и зверей: Льва, Рыси, Лисички, Медведицы и т. п.

Названия других созвездий, как, например, Персей, Кассиопея, Цефей, Андромеда, Геркулес, Дракон и проч., относятся, очевидно, к героическим легендам древних народов.

С развитием мореплавания, когда человек решил отплыть от берегов материка в открытый океан, и когда он, перейдя земной экватор, вступил в южное полушарие, перед ним открылись новые звездные красоты. Пораженные величием океана и красотою южного неба, первые мореплаватели выделили в южном небе обширнейшую группу звезд в отдельное созвездие и назвали его Кораблем. Затем, при более частых посещениях южного полушария, южное небо было разделено на созвездия, которые названы предметами современной цивилизации: Секстан, Типографский Станок, Электрическая Машина, Воздушный Насос и т. д.

Астроном Гульд, в бытность директором Кордобской обсерватории в Аргентине с 1870 по 1880 г., уточнил их и нанес на звездную карту, составив каталог звезд каждого созвездия.

При феодальном строе общества многие цари и князья содержали при своих дворах ученых астрономов, которым волей или неволей приходилось угождать своим хозяевам.

Некоторые из астрономов умудрились поэтому поместить на небе, среди древних созвездий, границы которых тогда еще не были уточнены, новые созвездия, названные ими в угоду своим властителям. Так, например, появились созвездия: Щит Собеского (короля Польши), Бык Понятовского, Жезл короля Фридриха и т. п. Некоторые из этих дополнительных созвездий удержались и до настоящего времени, но большая их часть забыта, а свободные места отнесены к соседним созвездиям, причем границы последних были несколько изменены, а самые созвездия увеличены.

В настоящее время все небо разделено на 88 созвездий, причем обширное созвездие Корабля (Argo) принято считать за четыре созвездия: Киль, Корма, Парус и Компас. Вот список этих созвездий, в котором, кроме русских, приведены международные названия их на латинском языке.

- |                                    |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Andromeda, Андромеда            | 21. Cetus, Кит                       |
| 2. Antlia, Воздушный насос         | 22. Chameleon, Хамелеон              |
| 3. Apus, Райская птица             | 23. Circinus, Циркуль                |
| 4. Aquarius, Водолей               | 24. Columba, Голубь                  |
| 5. Aquila, Орел                    | 25. Coma Berenices, Волосы Вероники  |
| 6. Ara, Жертвенник                 | 26. Corona Austrina, Южная Корона    |
| 7. Aries, Овен                     | 27. Corona Borealis, Северная Корона |
| 8. Auriga, Возничий                | 28. Corvus, Ворон                    |
| 9. Bootes, Боот или Волопас        | 29. Crater, Чаша                     |
| 10. Caelum, резец                  | 30. Crux, Крест                      |
| 11. Camelopardalis, Жираф          | 31. Cygnus, Лебедь                   |
| 12. Cancer, Рак                    | 32. Delphibus, Дельфин               |
| 13. Canes venatici, Гончие Псы     | 33. Dorado, Золотая Рыба             |
| 14. Canis Major, Большой Пес       | 34. Draco, Дракон                    |
| 15. Canis Minor, Малый Пес         | 35. Equuleus, Малый конь             |
| 16. Capricornus, Козерог           | 36. Eridanus, Эридан                 |
| 17. Carina (Navis), Киль (корабля) | 37. Fornax, Печь                     |
| 18. Cassiopeja, Кассиопея          | 38. Gemini, Близнецы                 |
| 19. Centaurus, Центавр             |                                      |
| 20. Cephæus, Цепфей                |                                      |

39. Grus, Журавль  
 40. Hercules, Гераклес  
 41. Horologium, Часы  
 42. Hydra, Гидра или Водяная Змея  
 43. Hydrus, Гидра малая или южная  
 44. Indus, Индеец  
 45. Lacerta, Ящерица  
 46. Leo, Лев  
 47. Leo Minor, Малый Лев  
 48. Lepus, Заяц  
 49. Libra, Весы  
 50. Lupus, Волк  
 51. Lyncx, Рысь  
 52. Lyra, Лира  
 53. Mensa, Столовая Гора  
 54. Microscopium, Микроскоп  
 55. Monoceros, Единорог  
 56. Musca, Муха.  
 57. Norma, Наугольник  
 58. Octans, Октант  
 59. Ophiuchus, Змееносец  
 60. Orion, Орион  
 61. Pavo, Павлин  
 62. Pegasus, Пегас  
 63. Perseus, Персей  
 64. Phoenix, Феникс.

65. Pictor, Живописец  
 66. Piscis, Рыбы  
 67. Piscis Austrinus, Южная Рыба  
 68. Puppis Корма (корабля)  
 69. Pyxis, Компас  
 70. Reticulum, Сетка  
 71. Sagitta, Стрела  
 72. Sagittarius, Стрелец  
 73. Scorpio, Скорпион  
 74. Sculptor, Ваятель  
 75. Scutum Щит  
 76. Serpens, Змея  
 77. Sextans, Секстан  
 78. Taurus, Телец  
 79. Telescopium, Телескоп  
 80. Triangulum Треугольник  
 81. Triangulum Australe Южный Треугольник  
 82. Tucana, Тукан  
 83. Ursa Major, Большая Медведица  
 84. Ursa Minor, Малая Медведица  
 85. Vela, Парус (корабля)  
 86. Virgo, Дева  
 87. Volans, Летучая Рыба  
 88. Vulpecula, Лисичка.

Все звезды, видимые невооруженным глазом, делятся на величины или классы, в зависимости от кажущегося их блеска; самые яркие звезды причисляются к первому классу и называются звездами первой величины; самые же слабые — к шестому и называются звездами шестой величины. Звезды промежуточного блеска причисляются ко второму, третьему, четвертому и пятому классам. Телескопические (т. е. видимые только в телескоп) звезды, подобно блестящим, делятся на классы; самые яркие из них причисляются к седьмому классу, следующие затем к восьмому и т. д. Новейшие исследования привели к заключению, что отношение блеска двух смежных классов есть величина «постоянная, т. е. блеск звезд первой величины во столько раз больше блеска звезд второй величины, во сколько этот последний больше блеска звезд третьей величины и т. д.

Изложенный закон может быть выражен следующей геометрической прогрессией, знаменатель отношения которой равен:

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{h_3}{h_2} = \frac{h_4}{h_3} = \frac{h_5}{h_4} = \frac{h_6}{h_5} = \delta, \quad (1)$$

где  $h_1, h_2, h_3$  и т. д. означают блеск звезд шести классов. Из пропорции (1) мы получаем:

$$\begin{aligned} h_2 &= h_1 \delta \\ h_3 &= h_2 \delta \\ h_4 &= h_3 \delta \\ h_5 &= h_4 \delta \\ h_6 &= h_5 \delta \end{aligned} \quad (2)$$

или вообще:

$$h_i = h_{i-1} \delta \quad \text{и} \quad h_{i-1} = \frac{h_i}{\delta}$$

Далее мы получаем:

$$\left. \begin{aligned} h_2 &= h_1 \delta \\ h_3 &= h_1 \delta^2 \\ h_4 &= h_1 \delta^3 \\ h_5 &= h_1 \delta^4 \\ h_6 &= h_1 \delta^5 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

или вообще:

$$h_i = h_1 \delta^{i-1},$$

и, приняв для  $h_1$  значение, равное 1, мы получаем следующие выражения для относительного блеска звезд первых шести классов

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= 1 \\ h_2 &= \delta^1 \\ h_3 &= \delta^2 \\ h_4 &= \delta^3 \\ h_5 &= \delta^4 \\ h_6 &= \delta^5 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Из точных наблюдений определено для  $\delta$  следующее значение:

$$\delta = 0,398$$

или приблизительно:

$$\delta = 0,4.$$

Подставляя его в последние формулы, мы приходим к заключению, что если блеск звезд первой величины принять за единицу, то блеск звезд последующих классов будет приблизительно равен:

звезд 1-й величины	$h_1 = 1$	$\left. \begin{aligned} h_2 &= 0,4 \\ h_3 &= 0,16 \\ h_4 &= 0,064 \\ h_5 &= 0,026 \\ h_6 &= 0,010 \end{aligned} \right\} \quad (5)$
» 2-й »	$h_2 = 0,4$	
» 3-й »	$h_3 = 0,16$	
» 4-й »	$h_4 = 0,064$	
» 5-й »	$h_5 = 0,026$	
» 6-й »	$h_6 = 0,010$	

Из чисел этой таблицы мы выводим, что каждая звезда шестой величины доставляет нашему глазу всего одну сотую блеска звезды первой величины. Мы воспользуемся этими выводами при изучении переменных звезд, этим пользуются также для определения границ видимости звезд в данный телескоп.

Из опыта мы знаем, что если в точке  $S$  находится источник света, то на расстоянии  $R_1$  на единицу площади  $A$  (рис. 3) упадет некоторое количество света; на расстоянии  $R_2$  в два раза большем то же количество света упадет на площадь в четыре раза большую,



и, следовательно, на каждую единицу площади  $B$ , равную  $A$ , упадет в четыре раза меньше света. Если поэтому один наблюдатель будет в два раза дальше, чем другой, то звезда будет казаться наиболее удаленному наблюдателю в четыре раза слабее, т. е. ее блеск уменьшится ровно во столько, во сколько увеличился квадрат расстояния. С другой стороны, из того же закона следует, что если две звезды, имеющие в действительности одинаковый блеск, находятся на различных расстояниях от наблюдателя, — например, одна звезда в два раза дальше другой, и обе кажутся одинакового блеска, — то в действительности отдаленная в че-

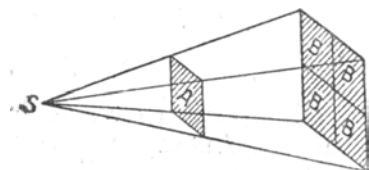


Рис. 3. Уменьшение видимого блеска звезд с увеличением расстояния до них.

тыре раза ярче ближайшей. Мы обобщаем этот закон для всевозможных расстояний и говорим, что видимый блеск звезд изменяется обратно пропорционально квадратам расстояний их от наблюдателя.

Упомянутые в этих расчетах слова «звездная величина»

ничего общего с истинными линейными размерами звезд не имеют. Звездная величина определяет собою некоторое условное понятие о видимом блеске звезд; наиболее ярким звездам соответствует наименьшее числовое значение величины 1, а слабейшим звездам — наибольшее числовое значение величины 6.

В глубочайшей древности блестящие звезды названы были собственными именами; в библии упоминается об Арктуре, в созвездии Боота. Главные звезды Близнецов были названы Кастором и Поллуксом в древнегреческое время. Но большинство названий дано в позднейшие времена, и в особенности во время владычества арабов, например: Альдебаран (Аль-Дебаран), Альголь (Эль-Гуль) и другие.

В семнадцатом столетии астроном Байер в своем сочинении «Uranometria», вышедшем в 1601 г., предложил особый способ названия звезд: он обозначил блестящие звезды каждого созвездия буквами греческого алфавита, назвав главную или самую яркую звезду буквою  $\alpha$ , вторую по яркости — буквою  $\beta$  и т. д. в порядке алфавита, в последовательности яркости звезд. При таком способе обозначения каждая яркая звезда называлась греческою буквою и именем созвездия, в котором она находилась; например, Кастор —  $\alpha$  Близнецов, Поллукс  $\beta$  Близнецов, Арктур —  $\alpha$  Боота и т. д. Способ Байера не последователен в некоторых случаях; например, в созвездии Близнецов (Gemini) самая яркая звезда — Поллукс, а между тем она обозначена второю буквою алфавита —  $\beta$ ; второй же по блеску звездой является Кастор, обозначенный первою буквою —  $\alpha$ . В созвездии Орла (Aquila)  $\beta$  является не второю по блеску звездой, как бы

следовало, судя по названию ( $\beta$  — вторая буква алфавита), а восьмью. Астроном Флемстид, будучи первым директором Гриничской обсерватории (около Лондона) с 1666 по 1715 г., составил роспись (каталог) большинства звезд, видимых невооруженным глазом, и обозначил их арабскими цифрами в известной последовательности. Этот способ имеет то преимущество, что может быть распространен без перерыва на все звезды данного созвездия. Цифры Флемстида употребляются иногда наряду с греческими буквами Байера.

В позднейшее время Боде, Аргеландер и Хейс составили свои каталоги звезд; они старались устранить неточности в каталога Байера и дали некоторым звездам свои обозначения.

Вследствие некоторых разногласий в различных каталогах, необходимо при упоминании о слабой звезде, видимой невооруженным глазом, дать, кроме одного из ее обозначений, еще и положение ее на небе в принятых координатах, о чем сказано в следующей главе. Для специалиста астронома, собственно, только и необходимо знать положение данной звезды на небе. При таком простом, но точном и безошибочном обозначении звезд, вполне устраняется необходимость в названии звезд собственными именами или отдельными буквами.

## ГЛАВА II

### КООРДИНАТЫ НЕБЕСНЫХ СВЕТИЛ

Положение светил определяется, подобно положению точек на поверхности земли, величинами, называемыми координатами. При рассматривании звездного неба у наблюдателя создается впечатление, что все звезды находятся от него на одинаковом, хотя и неопределенном, расстоянии. Наблюдателю кажется, что он находится в центре шара или сферы неопределенного радиуса, на которой расположены все небесные светила. Эта сфера носит название *небесной сферы*, благодаря вращению Земли вокруг оси, наблюдателю кажется, что вращается вокруг оси небесная сфера, и за сутки делает один полный оборот. Понятно, что ось вращения небесной сферы параллельна оси вращения Земли.

Горизонт делит небесную сферу на две половины — видимую, находящуюся над горизонтом, и невидимую, находящуюся под горизонтом. Плоскость горизонта, как плоскость касательная к земной поверхности в месте наблюдения, вращается в пространстве вместе с Землей и наблюдателем на ней. С другой стороны, положение горизонта зависит, очевидно, от положения наблюдателя на Земле. Таким образом, между Землей и небесной сферой можно установить определенное соотношение. Вообразим, что через центр Земли проведена плоскость, совпадающая с ее экватором; продолжим ее мысленно до пересечения с небесной сферой, центр которой также совпадает с центром Земли. Рассматриваемая плоскость пересечет небесную сферу по большому кругу, называемому *небесным экватором*. Продолжим затем ось Земли в обе стороны — на север и юг — до пересечения с небесной сферой: мы получим две диаметрально противоположные точки, называемые *полюсами мира*; из них один будет северный, а другой — южный. Небесный экватор, очевидно, отстоит от обоих полюсов на  $90^\circ$ . Подобно тому, как мы проводим на поверхности Земли земные меридианы от одного полюса до другого, так же точно и на небесной сфере мы проводим линии, подобные земным меридианам от одного полюса мира до другого.

Мы можем вообразить, что все светила находятся на небесной сфере: на ней каждой звезде соответствует точка, получаемая от пересечения линии, соединяющей рассматриваемую звезду с центром Земли или с глазом наблюдателя, — что совершенно безразлично в виду малых размеров Земли относительно безграничной вселенной.

Плоскость земного меридиана можно продолжать до пересечения ее с небесной сферой по кругу, называемому *небесным*

меридианом. Когда наблюдатель вращается вместе с Землей, то вместе с ним вращается и плоскости меридиана, проходящая последовательно через разные части небесной сферы. Так как нам кажется, что вращаемся не мы, а окружающее нас небо, то можно сказать, что в течение суток все точки небесной сферы при ее вращении последовательно проходят через меридианы (кульминируют).

Положение некоторой звезды  $A$  (рис. 4) определится следующим образом: через оба полюса и звезду  $A$  проводим большой круг  $PAB$ , называемый кругом склонения, он пересекает небесный экватор в точке  $B$ . Дуга  $AB$  называется склонением звезды  $A$ . Склонение, очевидно, соответствует географической широте места при определении его положения на поверхности Земли. Подобно географическим широтам земных точек, склонение бывает северное, когда оно считается от экватора к северному полюсу, и южное, когда оно считается к южному полюсу. Северные склонения считаются за положительные, а южные — за отрицательные.

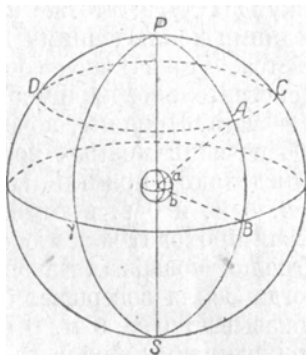


Рис. 4. Небесная сфера.

На небесной сфере мы мысленно проводим малые круги, параллельные небесному экватору. Зенит каждого места земной поверхности т. е. точка, находящаяся над головой наблюдателя) опишет в течение суток малый круг, который отстоит на столько же градусов от небесного экватора, на сколько данное место — от земного экватора; иначе сказать, склонение зенита равно географической широте данного места; это ясно видно на рис. 4: географическая широта точки  $a$ , т. е.  $ab$ , равна склонению точки  $A$ , т. е.  $AB$ , причем обе дуги выражены в градусах. Зенит места  $a$  находится в точке  $A$ . Для определения положения светила недостаточно одного склонения: все точки, лежащие на одном и том же параллельном круге  $ACB$ , отстоят от экватора  $\gamma B$  на одно и то же угловое расстояние  $AB$  и, следовательно, имеют одно и то же склонение. Для полного определения положения светила  $A$  на небесной сфере необходима еще другая величина; для этой цели служит прямое восхождение. Прямым восхождением определяется угловое расстояние круга склонения  $PAB$  от круга склонения  $P\gamma$ , проходящего через так называемую точку весеннего равноденствия  $\gamma$ .

Прямое восхождение измеряется дугою экватора  $\gamma B$  и всегда считается от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  в сторону, противоположную видимому суточному движению неба; оно считается от запада к востоку.



Прямые восхождения светил как бы соответствуют географическим долготам точек на земной поверхности. Как при определении географических долгот мест на земной поверхности проводят первый меридиан через Гринвичскую обсерваторию и от него считают все долготы, точно так же и при определении прямых восхождений светил проводят первый круг склонения через точку весеннего равноденствия, и от этого круга считают прямые восхождения светил.

Географические долготы точек земной поверхности в большинстве случаев выражаются в угловой мере в градусах, минутах и секундах дуги; что же касается прямых восхождений, то они за редкими исключениями, выражаются во времени, причем принимается, что 24 часа соответствуют полной окружности в  $360^\circ$ . Действительно, видимое вращение небесного свода происходит в 24 часа. Причина, почему астрономы остановились на подобном обозначении прямых восхождений, заключается в том, что они определяют прямые восхождения по часам, показывающим 0 ч. 0 м. и 0 с. в тот момент, когда точка весеннего равноденствия проходит через южную часть меридиана места наблюдения. Стрелка подобных часов делает полное обращение в то время, когда Земля совершает одно вращение около своей оси, и снова показывает 0 ч. 0 м. 0 с, когда точка весеннего равноденствия приходит в южную часть меридиана. Промежуток времени между двумя последовательными прохождением точки весеннего равноденствия через южную часть меридиана называется звездными сутками, а показание стрелки подобных воображаемых совершенных часов называется звездным временем. Из вышеизложенного следует, что прямое восхождение некоторой звезды равняется звездному времени ее прохождения через меридиан некоторого места земной поверхности. Например,  $\alpha$  Лиры проходит через меридиан в 18 ч. 34,9 м. звездного времени. Поэтому ее прямое восхождение равно 18 ч. 34,9 м.

Прямые восхождения, выраженные во времени, могут быть превращены в дугу умножением на 15. Например, 1 час ( $1^h$ ) равен 15 градусам ( $15^\circ$ ), одна минута времени ( $1^m$ ) равна 15 минутам дуги ( $15'$ ), одна секунда времени ( $1^s$ ) равна 15 секундам дуги ( $15''$ ).

Мы уже несколько раз упоминали о точке весеннего равноденствия  $\gamma$ . Что же это за точка? Еще тысячу лет тому назад, египтяне и другие народы заметили, что Солнце в течение года перемещается по небесной сфере относительно звезд. Линию, по которой движется Солнце, они называли эклиптикой. Эклиптика представляет круг на небесной сфере, пересекающийся с экватором в двух точках. Эти точки называли точками весеннего и осеннего равноденствия, потому что в них Солнце бывает весной (21 марта) и осенью (23 сентября), и в эти дни продолжительность дня и ночи одинакова. Легко понять, что плоскость круга эклиптики совпадает с плоскостью годичного пути земли вокруг Солнца.

Действительно, ведь нам кажется, что Солнце перемещается относительно звезд оттого, что мы, совершая о землей годичный путь вокруг Солнца, смотрим на него из различных точек пространства, по направлению к различным звездам.

Плоскость небесного экватора и полюсы мира, к которым относят положения звезд, не сохраняют неизменного положения в небесном пространстве, а постоянно перемещаются что касается до плоскости эклиптики, то она, за исключением небольших колебаний, сохраняет неизменно свое положение. Вследствие перемещения небесного экватора, точка его пересечения с эклипкой или точка весеннего равноденствия перемещается по эклиптике. Физическая причина явления кроется в тяготении сплюснутой (сфероидальной) Земли к Солнцу и Луне; если бы Земля была шаром, то описанного явления, называемого *прецессией* или *предварением равноденствий*, не существовало бы (см. стр. 54).

Явление прецессии было открыто Гиппархом за 150 лет до нашей эры. Гиппарх сравнил положения звезд, им определенные, с теми положениями, которые были определены на 200 лет раньше него и из того, как изменились их координаты, заметил, что точка весеннего равноденствия медленно перемещается относительно звезд.

Движение полюса мира и экватора происходит таким образом, что наклонение плоскости экватора к плоскости эклиптики ( $23^{\circ}27'$ ) остается без существенных изменений.

Ежегодно точка весеннего равноденствия перемещается по эклиптике на небольшую дугу в  $50''{,}26$ , причем эта величина подвергается периодическим и вековым изменениям. Точка весеннего равноденствия описывает полную окружность в круглых

числах в 26 тысяч лет (точнее в  $\frac{360^{\circ} \cdot 60' \cdot 60''}{50'' \cdot 26} = 25\,785$  лет).

Прямые восхождения и склонения, как координаты,<sup>4</sup> отнесенные к движущейся плоскости экватора, вечно изменяются, хотя и очень медленно. Вот причина, почему в каждом звездном каталоге дается, во-первых, эпоха, к которой относятся координаты звезд, и, во-вторых, величина прецессии по прямому восхождению и склонению для каждой звезды. Не вдаваясь в дальнейшее описание прецессии, мы просим читателя заглянуть в главу «Созвездия» и найти страницу 54, относящуюся к Малой Медведице: там подробнее описано это явление.

Что касается звездных каталогов и связанного с этим вопроса о числе видимых на небе звезд, то здесь можно рассказать довольно занимательную историю.

Первым астрономом, составившим звездную роспись или каталог звезд был Гиппарх, живший в 150 г. до нашей эры; его каталог до нас не дошел. Неожиданное появление новой звезды побудило Гиппарха составить точную роспись звезд с той целью, чтобы потомство могло знать о всякой перемене, происшедшей на небе.

Птолемей, прославленный автор каталога «Альмагест», живший около 130 г. нашей эры оставил потомству первый звездный каталог; он является древнейшим из дошедших до нас. Имеется основание предположить, что этот каталог есть не что иное, как каталог Гиппарха, принятый Птолемеем без изменения. Это основывается на том, что Птолемей строил свои теории или системы мира на наблюдениях предшественников; сам же он не был выдающимся наблюдателем. В каталоге «Альмагест» Птолемея включено 1030 звезд.

Нередко положения звезд, данные в «Альмагесте», ошибочны на целые градусы, что указывает на неточные инструменты, которыми пользовались в то время.

До десятого столетия не было сделано попыток составить новый звездный каталог. В это время появился персидский астроном Абд-Аль-Рахман Аль-Зуфи, обыкновенно называемый Аль-Зуфи; он жил с 903 по 986 г. О жизни его ничего неизвестно, кроме разве того, что он славился своею ученостью и в особенности познаниями в астрономии. Из его астрономических работ до нас дошло только описание звезд: с арабского языка этот труд был переведен Шелерупом и издан в 1874 г. Работа Аль-Зуфи основана, главным образом, на каталоге Птолемея, все звезды которого были, по уверению Аль-Зуфи, вновь осмотрены. Но он не прибавил ни новых звезд к каталогу Птолемея, ни новых определений их положения на небе. Он просто приложил к долготам звезд каталога Птолемея  $12^{\circ}45'$  — величину прецессии за время от Птолемея до Аль-Зуфи, причем широты оставил без изменения.

Четыре столетия после этого за составление нового каталога звезд берется знаменитый Улуг-Бек, внук завоевателя Тамерлана, княживший в Самарканде в середине XV столетия. Астроном Бэйли говорит о нем: «Улуг-Бек был не только воинственный и могущественный монарх, но также и выдающийся покровитель наук и ученых. При жизни своего отца он привлёк в свою столицу всех знаменитых астрономов из различных частей света; он воздвиг в Самарканде величественную коллегию и обсерваторию, в которой постоянно около ста лиц занимались изучением наук; здесь были построены хорошие инструменты больших размеров сравнительно со всеми теми, которые существовали для производства астрономических наблюдений».

К сожалению обсерватория эта просуществовала недолго. После смерти Улуг-Бека она была забыта, разрушена и даже следы ее затерялись. Только через 500 приблизительно лет, в 1908 г., известный археолог, знаток древней истории края, В.Л. Вяткин, читая одну вакуфную (дарственную мечетям) запись, встретил указание, что границей дарственного участка на северо-востоке является холм с астрономической обсерваторией, и это, в связи с другими данными, позволило ему безошибочно определить место древней обсерватории. Предпринятые раскопки сразу обнаружили на холме след кирпичной стены,

являющейся частью огромной круглой башни около 40 м в диаметре. А по одному из радиусов этой окружности в направлении меридиана (от центра к югу) оказалась широкая и глубокая траншея с кирпичными лестницами и двумя громадными параллельными дугами, составленными из кусков мрамора, на которых высечены знаки, обозначающие соответствующие градусы (рис. б). Эта дуга и представляла собою главный инструмент обсерватории. Наблюдатель помещался на ступеньках между дугами. Его помощники, повидимому, передвигали по дугам тележку с диоптром. Другой диоптр должен был находиться в

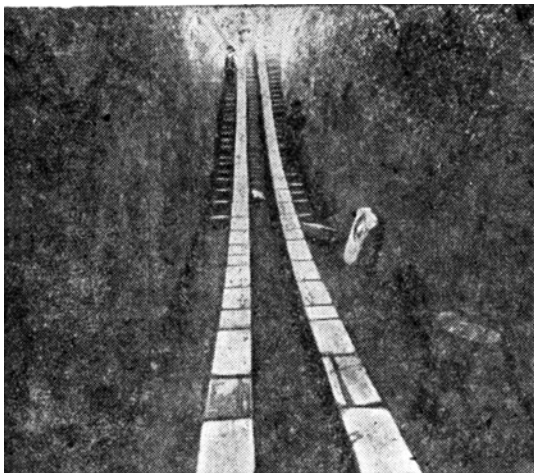


Рис. 5. Остатки обсерватории Удуг-Бека около Самарканда.

центре окружности, частью которой являлась мраморная дуга. Наблюдатель, поджидая прохождение светила через меридиан, должен был занять такое положение, чтобы видеть светило через оба диоптра. Если звезда кульминировала высоко над горизонтом, ему приходилось спуститься вниз; для наблюдения звезды низкой — соответственно подняться выше.

Траншея имеет в ширину 2,7 м и спускает я вниз на 13 м. Радиус мраморной дуги равен 40 м. Таким образом, центр ее находился значительно выше поверхности земли. Вероятно, с юга возвышался столб, на котором и было устроено отверстие с диоптром так, чтобы он приходился как раз в центре дуги. Часть дуги с севера также должна была подниматься над поверхностью приблизительно на  $\frac{1}{3}$ . Но от этой надземной части дуги осталось лишь несколько отдельных кусков. Каждый кусок дуги представляет собою градус. Нумерация их соответствует отсчитываемым высотам звезд. Самый верхний кусок имеет знак нуля

нижний — 90°. Благодаря громадным размерам дуги отсчеты передвигаемого диоптра могли производиться с большой сравнительно точностью.

От других инструментов и надземных построек не сохранилось никаких следов, и только поверхностный слой, состоящий главным образом из кирпичей, простых и глазированных, свидетельствует, что здесь возвышалось огромное великолепное сооружение.

Улуг-Бек был убит по приказанию своего сына, пожелавшего скорее унаследовать его престол. Улуг-Бек похоронен в Самарканде в усыпальнице, носящей название Гур-Эмир, что означает: могила эмира. Красивый минарет Гур-Эмира рухнул в январе 1904 г. и превратился в груды камней.

Имя Улуг-Бека увековечено замечательным астрономическим трудом: составлением звездного каталога. Каталог Улуг-Бека является первым после каталога Птолемея, в котором положения звезд были вновь старательно определены. Он нашел, что 27 птолемеевских звезд лежали настолько к югу от экватора, что не могли быть видны в Самарканде и что восемь звезд не могли быть разысканы, хотя могли бы быть видимы в Самарканде. Любопытно, что Улуг-Бек, как и Аль-Зуфи, не прибавил ни одной звезды к каталогу Птолемея.

В наше время в Ташкенте, к северо-западу от Самарканда, содержится на средства советского правительства прекрасная обсерватория, астрономы которой уже много лет систематически изучают небо.

Следующий затем по порядку каталог звезд составлен Байером, с которым мы познакомились в конце предыдущей главы; ему принадлежит принятый и в настоящее время способ обозначения звезд. Главная заслуга его заключалась в составлении карт всех созвездий. Первое издание его книги вышло в свет в 1601 г. и отличается тем, что на обратной стороне звездных карт напечатан список звезд данного созвездия. Байер не ограничился одним северным полушарием, но распространил свои изыскания на все небо до южного полюса.

Затем следует каталог звезд знаменитого Тихо-де-Браге, составленный около конца XVI столетия. Дополнение к этому каталогу, заключающее в себе список звезд до южного полюса, было обнаружено Галлеем, наблюдавшим звезды во время своего пребывания на острове Св. Елены в 1677 г.

Звездный каталог Гевелия, напечатанный в 1690 г., не представляет особого интереса, за исключением некоторых новых созвездий, которые он поместил между известными.

Современные звездные каталоги могут быть разделены на два рода: с одной стороны, каталоги, которые заключают в себе точное положение избранных звезд, а с другой — списки всех звезд до известной величины, заключающихся в некоторой части неба, с приближенным их положением. Замечательно что, первая

попытка составления каталогов второго рода была сделана более чем через двести лет после того, как Галилей направил построенный им телескоп на небо. Причину отсутствия подобной попытки можно найти в громадном числе звезд, видимых в телескоп, в затруднений остановиться на каком-нибудь пределе и в кажущейся невозможности определить положение сотен тысяч звезд. Последнее затруднение удалось преодолеть в последнее время благодаря усовершенствованным способам наблюдения.

Для нас в настоящей книге имеют значение каталоги звезд видимых просто глазом, или так называемые каталоги блестящих звезд; они обыкновенно приводятся вместе со звездными картами и называются иногда «уранометриями».

Точное положение наиболее блестящих звезд постоянно дается в так называемом «Астрономическом календаре», издаваемом и у нас в СССР в г. Горьком.

В тесной связи с составлением каталогов звезд находится счет их числа. Вопрос о числе звезд в небесном пространстве принадлежит к числу самых занимательных.

Ответ на этот вопрос ограничен условиями видимого блеска звезд, а именно: сколько звезд каждой величины? Сколько звезд, первой величины, сколько второй, третьей и т. д. до слабейшей, которую можно видеть? Между звездами смежных величин существуют незаметные переходы, и нет двух наблюдателей, которые провели бы в точности одну и ту же границу между видимыми ими и невидимыми звездами. Средняя звезда четвертой величины будет обозначаться не просто 4, а 4,00; средняя звезда пятой величины — числом 5,00 (вместо 5). При таком условии звезда, которая при прежнем способе обозначения причислялась к четвертой величине, по новому способу может иметь любую величину между 3,50 и 4,50.

При обозначении звездных величин числами, изменяющимися непрерывно, не все звезды первого класса будут обозначены первой величиной (1,00): одни, более слабые, будут иметь величину больше единицы (между 1 и 2); другие, более яркие, будут иметь дробную величину, меньше единицы, а некоторые даже отрицательную величину. Например,  $\alpha$  Орла имеет величину 0,9;  $\alpha$  Лиры 0,1, а  $\alpha$  Большого Пса — 1,6.

Результаты современных подсчетов числа звезд разной яркости приводят к табличке на стр. 26:

Числа той же таблицы указывают нам приблизительно на общее число всех звезд, видимых просто глазом: оно равно всего только 5 тысячам. Так как в некоторый момент мы можем видеть только половину небесной сферы, то общее число звезд, видимое над горизонтом, не превышает 2500. Правда, зоркий глаз может видеть звезды и слегка более слабые чем 6,0, и тогда полное число их будет немного больше. Если же мы примем во внимание, что у горизонта видимый блеск звезд слабеет вследствие поглощения лучей света в атмосфере и что там звезды шестой величины не-

доступны нашему зрению, то мы придем к заключению, что над горизонтом можно видеть простым глазом самое большее  $2\frac{1}{2}$  тысячи звезд. Это число может разочаровать нас: нам кажется, что мы видим миллионы звезд; вы можете убедиться в этом, если спросите одного из своих знакомых, не изучавших астрономию, сколько он видит на небе звезд; он ответит, что видит миллионы, а между тем над всем горизонтом он может видеть только  $2\frac{1}{2}$  тысячи звезд.

#### Число звезд до шестой величины

Величина		
Ярче 0		3
от 0	до 1	8
„ 1,0	„ 2,0	28
„ 2,0	„ 3,0	94
„ 3,0	„ 4,0	313
„ 4,0	„ 5,0	1020
„ 5,0	„ 6,0	3266
		<hr/>
		4732

Мы уже знаем, что если бы все звезды излучали одинаковое количество света, их видимые яркости убывали бы обратно пропорционально квадрату их расстояний от нас. В этом случае определение их расстояний представляло бы чрезвычайно простую задачу. К сожалению, уже самые простые рассуждения показывают, что предположение о равенстве количества света, излучаемого отдельными звездами, совершенно неправильно.

Рассмотрим, например, двойную звезду Процион ( $\alpha$  Малого Пса). Она называется двойной, потому что в действительности состоит из двух звезд, или компонентов. Главная, т. е. более яркая звезда имеет видимую величину 0,5, тогда как слабенький компонент (видимая величина 13) может быть видим только в самые мощные телескопы. Эти звезды обращаются вокруг их общего центра тяжести в течение 39 лет и, несомненно, представляют собою единую систему, управляемую законом всемирного тяготения. Отсюда следует, что их взаимное расстояние весьма мало в сравнении с их расстоянием от нас. Мы можем поэтому сказать с достаточной точностью, что обе составляющие этой двойной звезды находятся на одном и том же расстоянии от нас, так что большое различие их видимых яркостей есть следствие большого различия их истинных яркостей. Разность видимых величин в этом случае равна 12,5, т. е. истинная яркость главной звезды в сто тысяч раз больше истинной яркости слабой составляющей. Можно указать еще множество подобных примеров, не оставляющих сомнения в том, что отдельные звезды излучают далеко не одинаковое количество света.

Вообразим себе теперь, что все наблюдаемые нами звезды так переместились в небесном пространстве, что оказались на одном и том же расстоянии от нас. В этом случае различия видимых яркостей были бы следствием только одной причины: различия истинных яркостей. С подобным явлением мы встречаемся, например, рассматривая весьма отдаленные скопления звезд, все члены которых находятся от нас на одном и том же расстоянии. Отнеся мысленно все звезды к одному и тому же расстоянию, которое примем за стандартное, мы можем условно видимую величину звезды, наблюдаемую с этого расстояния, назвать ее абсолютной величиной. Точно так же назовем абсолютной яркостью звезды ее видимую яркость, оцененную с этого стандартного расстояния. Астрономы принимают за стандартное расстояние такое расстояние, которое свет проходит в течение 3,26 года. Эту условную единицу звездных расстояний называют парсеком. Парсек равен 206 265 средних расстояний Земли от Солнца, т. е.  $3 \cdot 10^{13}$  км. Таким образом, видимая величина (соответствующая видимой яркости) звезды, отнесенная к расстоянию в один парсек, есть ее абсолютная величина (соответствующая абсолютной яркости). Наше Солнце, наблюдаемое с расстояния в один парсек, представлялось бы звездочкой в 4,9 величины. Это, стало быть, и есть абсолютная величина Солнца. Для того чтобы определить абсолютную величину звезды по ее видимой величине, надо знать расстояние до звезды. В настоящее время (путем определения так называемых годовичных параллаксов, или косвенными путями) мы знаем расстояния, а следовательно, и абсолютные величины многих сотен звёзд. Каковы же результаты этих определений?

Оказывается, что по количеству абсолютно слабые звезды преобладают; наоборот, абсолютно яркие звезды составляют лишь малый процент общего числа звезд. Рекордной по своей слабости является красная звезда, открытая американским астрономом Ван-Мааненом в 1927 г. в созвездии Льва. Ее видимая величина 13,5, расстояние 2,5 парсека и, значит, абсолютная величина равна 16,5. Солнце в 44000 раз ярче звезды Ван-Маанена. Самой абсолютно яркой из известных нам звезд является  $\delta$  Золотой Рыбы, видимая в южном полушарии. Она на 13,8 величины ярче Солнца, т. е. излучает в 340000 раз больше света, чем наше Солнце. Однако среди так называемых новых звезд, дающих кратковременную вспышку яркости, имеются и еще более яркие; так, 5 Андромеды в момент наибольшего блеска была на 20 величин абсолютно ярче Солнца.

Поверхность шара, радиус которого равен  $R$  см, как известно из геометрии, есть  $4\pi R^2$  квадратных см. Пусть количество света, испускаемое одним квадратным сантиметром поверхности звезды, есть  $j$ . Тогда полное количество света, испускаемое звездой, будет  $j \times 4\pi R^2$ . Снабдим указателем  $o$  те же величины для Солнца, так что полное количество света, испускаемое Солнцем, будет



$j_0 \times 4\pi R^2_0$ . Тогда отношение абсолютных яркостей звезды и Солнца будет  $jR^2 : j_0R^2_0 = L : L_0$ . Как показывает расчет  $L:L_0 = 1 : 250$ . Так как звезда Ван-Маанена красная (температура около  $2500^\circ$ ), а Солнце — звезда желтая (температура  $6000^\circ$ ), то, отсюда не трудно найти, что радиус звезды Ван-Маанена в 40 раз меньше радиуса нашего Солнца. По сравнению с последним эта звезда является настоящим карликом.

Наоборот, если мы возьмем красную яркую звезду Бетельгейзе ( $\alpha$  Ориона) и сделаем соответствующие расчеты, то окажется, что она почти на 8 величин абсолютно ярче нашего Солнца и что радиус ее в 290 раз больше радиуса Солнца. Насколько огромна эта звезда, показывает следующее сравнение. Если бы мы поместили Бетельгейзе на месте Солнца, ее поверхность почти достигла бы орбиты Марса. С другой стороны, при своих огромных размерах Бетельгейзе оказывается весьма разреженной звездой. В среднем, Солнце почти в миллион раз плотнее Бетельгейзе. Рассмотренная звезда является настоящим гигантом в сравнении с Солнцем.

Оказывается, что указанные выше случаи вовсе не являются единичными. Американский астроном Расселл показал, что все красное и красноватые звезды резко делятся на две группы — звезды-гиганты и звезды-карлики.

Подобное деление существует и среди желтых звезд, к которым принадлежит и наше Солнце. Среди них Солнце является карликом, хотя и не таким резко выраженным карликом как абсолютно красные звезды.

При одном и том же цвете (красном или желтом) карлики обладают гораздо большими плотностями, чем гиганты. Последние окутаны необычайно разреженными и обширными раскаленными атмосферами.

Вначале считали, что деление на карликов и гигантов имеется только у красных и у желтых звезд, что белые звезды — все гиганты. Сравнительно недавно были, однако, открыты белые карлики. Примером последних является рассмотренный выше слабенький спутник Прокциона. Белые карлики — самые удивительные звезды, известные нам. Лучшее всего изучен белый карлик — спутник Сириуса<sup>1</sup>. Он на 16 величин абсолютно слабее Солнца. Его радиус составляет только 0,03 радиуса Солнца. Зато его плотность совершенно исключительна: в среднем он в 40000 раз плотнее нашего Солнца, т. е. в одном кубическом дюйме его содержится почти тонна вещества. Современная физика объяснила нам основные свойства подобного сверхплотного вещества, воспроизвести которое в наших лабораториях пока еще совершенно невозможно.

<sup>1</sup> Подробнее о спутнике Сириуса говорится при описании созвездия Большого Пса.

## ГЛАВА III

### ПОСОБИЯ ПРИ НАБЛЮДЕНИЯХ НЕБА

#### 1. ЗВЕЗДНЫЕ КАРТЫ И НЕБЕСНЫЙ ГЛОБУС

**К**аждый любитель астрономии должен иметь хорошую карту звездного неба, иначе он не будет в состоянии найти интересующую его звезду, туманность или планету, он не сможет проследить путь метеора или зарисовать с пользой для науки хвостатую комету.

Звездное небо, которое нам кажется расположенным на сфере, нельзя изобразить сразу целиком в виде карты на плоскости, так же как это нельзя сделать и в случае земного шара. Подобно глобусам изображающим земной шар, существуют глобусы без искажений, изображающие звездное небо, причем предполагается, что наблюдатель смотрит на этот глобус как бы из центра этого глобуса. Благодаря этому фигуры созвездий на глобусе являются зеркальным отображением того, как они

в действительности видны на небе; например, «ручка ковша» Большой медведицы смотрит на глобусе вправо, а не влево от «Кастрюли». Кроме того, на глобусе изображают только наиболее яркие звезды, не слабее четвертой или пятой величины. Все это вносит некоторое неудобство в пользование глобусом, но зато если глобус снабжен кругами, изображающими меридиан и горизонт (рис. 6), то при помощи его можно решать множество астрономических задач, имеющих практический интерес. Например, при помощи глобуса можно определить,

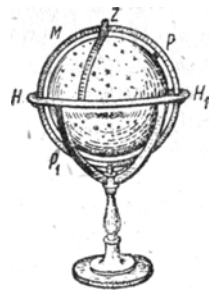


Рис. 6. Небесный глобус.

как в данный день и час в данной местности расположены созвездия относительно горизонта, можно определить время восхода и захода Солнца в любой местности и в любое время года.

Сейчас в продаже можно найти черные звездные глобусы, к сожалению лишенные кругов меридиана и горизонта.

Для начинающих пользование обычной звездной картой встречается затруднения, так как на этих картах не отмечено положение горизонта, скрывающего от наблюдателя многие из созвездий. Не указано также положение стран света — севера, юга, востока и запада, что затрудняет ориентировку на небе, разыскивание созвездий, положение которых относительно горизонта в разные часы ночи и в один и тот же час, но в разные дни года бывает неодинаково.

В этом отношении на помощь начинающему приходят так называемые «подвижные карты» звездного неба. На этих картах

при надлежащей их установке можно видеть, как расположены относительно горизонта и меридиана созвездия в данный день и час. Правила пользования такими картами, несколько разли-

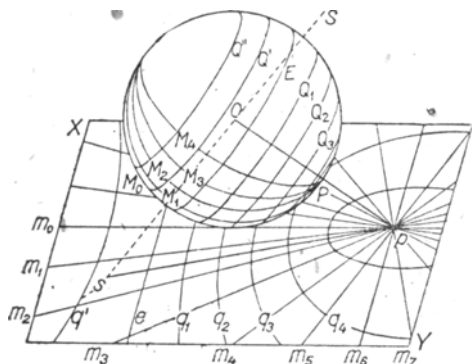


Рис. 1. Гномоническая проекция.

чающимися по устройству, описаны в специальном приложении к каждой карте. Педагогическим институтом в г. Калинин высылается желающим подвижная звездная карта системы Л. В. Кандаурова. Из других подвижных карт можно еще назвать подвижную карту неба А. А. Чикина, изданную приложением к журналу «В мастерской природы» за 1918 г. Существует также карта проф. Михайлова, изд.

1924 г., и карта проф. Яшнова, изд. 1921 г., которую можно

выписать из Горьковского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества. Менее подробные подвижные карты

можно в настоящее время найти в приложениях к учебнику по астро-

номии для средней школы Набокова и проф. Воронцова-Вельяминова (изд. 1935 г.) и к постоянной части Астро-

номического календаря (издаваемого в г. Горьком).

На более подробных звездных картах обычного типа небесная сфера

изображается в проекции на плоскость. Способы проектирования раз-

личны, но все они вносят те или иные искажения. Поэтому обычно

небесную сферу изображают по частям на нескольких отдельных кар-

тах, всякий раз подбирая такую про-

екцию, чтобы изображение созвездий

возможно менее отличалось от их истинного вида для невооруженного

глаза. Для некоторых специальных целей, как например, для зарисовки

путей падающих звезд, применяют

специальную проекцию, специальную карту, на которой все

дуги больших кругов изображаются прямыми линиями.

Гномоническая проекция получается, если

мысленно поместить глаз наблюдателя в центр небесной сферы —

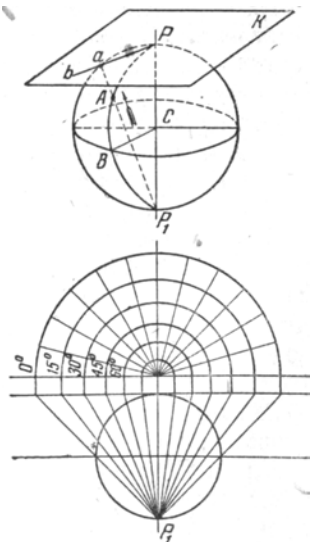


Рис. 8. Стереографическая проекция.

в точку  $O$  (рис. 7), а изображения звезд перенести на плоскость,  $XU$  касательную к небесной сфере в избранной точке. Изображения звезд получатся, если линии, соединяющие места звезд, на небесной сфере с центром проекции  $O$ , продолжить до пересечения с плоскостью проекции. Преимущество гномонической проекции заключается в том, что всякий большой круг небесной сферы изображается прямой линией действительно, большой круг получается от пересечения небесной сферы плоскостью, проходящей через ее центр, а так как центр небесной сферы совмещается центр проекции (глаз наблюдателя), то пересечение всякой плоскости с небесной сферой и с плоскостью проекции будет прямая линия. Эта проекция,

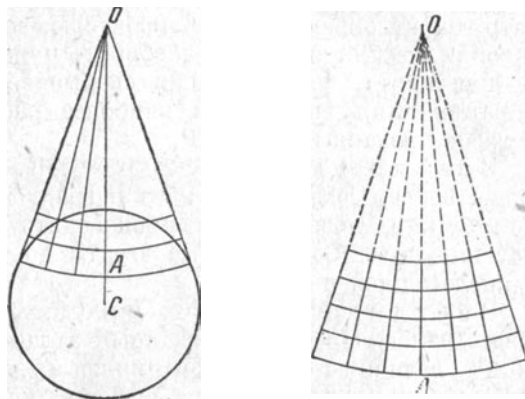


Рис. 9. Коническая проекция.

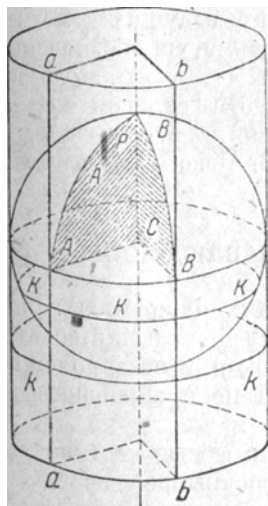


Рис. 10. Цилиндрическая проекция.

безусловно, необходима для наблюдения падающих звезд, так как их полет совершается в плоскостях, проходящих через глаз наблюдателя и пересекающих небесную сферу по большим кругам, а потому в гномонической проекции полет падающих звезд изображается прямыми линиями, что весьма удобно для наблюдателя. Для рисования хвоста комет также необходима гномоническая проекция.

В гномонической проекции, как и во всех других, наибольшее искажение будет у краев карты, а в центре — наименьшее.

Для обычных же звездных карт при изображении областей неба, близких к полюсу мира, пользуются обычно стереографической проекцией, получаемой способом, ясным из рис. 8. В этой проекции круги склонения изображаются прямыми линиями, а круги, параллельные экватору, кругами разного диаметра. Для изображения областей неба в области склонений, примерно от  $60^\circ$  до  $30^\circ$ , прибегают часто к конической проекции (рис. 9), а для изображения экватори-

альных областей неба применяют проекцию на касательный цилиндр (рис. 10).

Начинающему наблюдателю надо брать карту, не содержащую слишком слабых звезд, которых очень много и которые затрудняют ориентировку. Любителю, имеющему телескоп или призматический бинокль, наоборот, нужна также и более подробная карта, показывающая слабые звезды. Ниже приводим характеристику некоторых наиболее распространенных карт и атласов, изданных в СССР.

**Звездный атлас проф. К. Д. Покровского.** Изд. 1923 г. Содержит 13 карт и градусные сетки на прозрачной бумаге, позволяющие производить точный отсчет координат на карте. Содержит все звезды до 6 величины до  $40^{\circ}$ — $45^{\circ}$  южного склонения.

**Звездный атлас проф. А. А. Михайлова.** Изд. 1920 г. Прекрасно изданный атлас из 4 карт со звездами до  $5\frac{1}{2}$  величины от северного полюса до  $40^{\circ}$  южного склонения. Он наиболее удобен для наблюдений невооруженным глазом и с биноклем.

**Атлас Мессера.** Изд. 1901 г. Содержит 28 карт до  $35^{\circ}$  по склонению со звездами до 6 величины.

**Атлас северного звездного неба проф. А. А. Михайлова.** Наиболее подробен. Он содержит все звезды до  $7\frac{1}{2}$  величины и состоит из 15 карт неба от северного полюса до экватора. Он отличается от всех предыдущих тем, что он «немой», т. е. на нем не написаны ни названия, ни обозначения звезд, ни границы, ни фигуры созвездий. К тому же, в атласе нет звезд южнее экватора. Пользоваться этим атласом можно лишь при наличии уже некоторого знакомства с созвездиями, но вместе с тем этот атлас более подробен и точен сравнительно с упомянутыми выше.

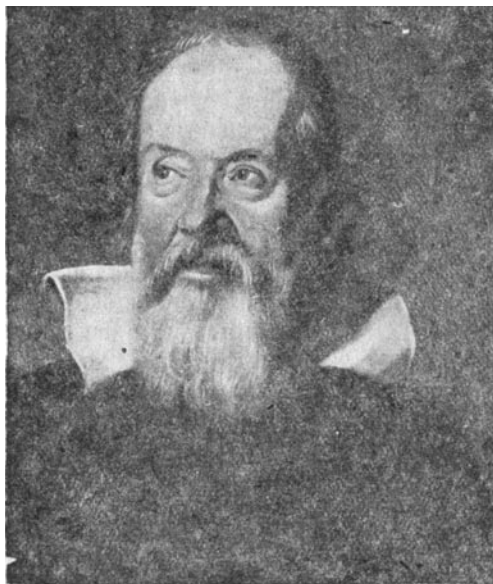
## 2. БИНОКЛЬ В АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ

В истории астрономии и всех физических наук 1609 г. замечателен тем, что в конце этого года Галилей, услышав об изобретении телескопа, сделал сам такой телескоп, и этим положил начало новой астрономии, расцвет которой не прекращается и до настоящего времени.

Когда Галилей направил телескоп на небесные светила, он был поражен теми красотами, которые раскрылись перед его глазами. На что бы он ни направлял построенный им телескоп, всюду он видел что-нибудь новое. Рассматривая Юпитера, Галилей открывает у него четыре спутника; направляя телескоп на Млечный путь, он убеждается, что это великое небесное сияние состоит из громаднейшего числа мелких звезд; рассматривая Солнце, уменьшив, конечно, его блеск, он открывает на нем пятна; наводя телескоп на Венеру, он замечает, что она имеет

фазы, подобно нашей Луне; любясь Луною, он открывает на ней горы и измеряет их высоту.

Небольшой телескоп, построенный Галилеем, был совершенно такого же устройства, как современные театральные бинокли, только в одну трубку. Галилей выбрал сочетание двояковыпуклой и двояковогнутой чечевиц и построил одиночную трубу, а не двойную; это был монокль, а не бинокль.



Портрет Галилея

Мореход, рассматривающий в бинокль морскую даль, инженер, производящий изыскания трассы железной дороги, путешественник, изучающий окрестности своего пути, астроном, осматривающий небо, наконец зрители, наблюдающие в театре спектакль,— все пользуются телескопом Галилея.

Телескоп Галилея постепенно и непрерывно улучшался, и уже к началу двадцатого века астрономы могли гордиться теми гигантскими телескопами, которые построены для изучения небесных светил. Телескопы с объективами в 50 см, 80 см и даже до 1 м украшают обсерватории Старого и Нового Света. Телескопы, в которых вместо объектива применяется вогнутое посеребренное зеркало, достигают еще больших размеров, — до  $2\frac{1}{2}$  м в диаметре. Но и бинокль не потерял своего значения. Маленькая галилеева трубка является во многих случаях полезнейшим прибором в руках астронома. Изменения блеска яр-

ких переменных звезд могут быть наблюдаемы в бинокль со всей желаемой точностью. Для близоруких бинокль является незаменимым инструментом при осмотре неба, да и для дальновзорких и для лиц с нормальным зрением всегда полезно иметь под рукою бинокль для быстрого осмотра неба и для подробного изучения некоторых светил и созвездий.

Для астрономических целей бинокль должен быть светосильным. Что касается до его увеличения, то оно не должно быть значительным. Важно иметь много света и большое поле зрения,

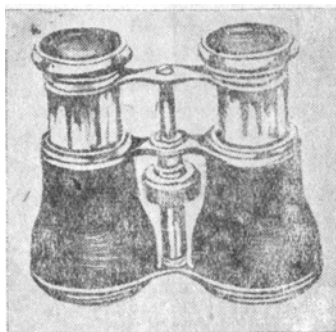


Рис. 11. Театральный (галилеевский) бинокль.

а это возможно только при коротком фокусе сравнительно с размерами объектива. Владеть биноклем с большим увеличением становится затруднительным: его нелегко направить на избранную звезду, а малейшие содрогания руки передаются биноклю и, становясь заметными, мешают наблюдениям. Большое увеличение бинокля не имеет большого значения еще и потому, что звезды всегда кажутся нам точками как бы велико ни было увеличение бинокля; даже в самые усовершенствованные современные телескопы, при самых

сильных увеличениях звезды оста-

ются все-таки точками: так отстоят далеко они от нас. Поэтому за увеличением бинокля при астрономических наблюдениях не следует гнаться. Если читателю предстоит выбрать бинокль, то он должен непременно остановиться на бинокле с большим объективом и коротким фокусом.

Я много лет наблюдаю переменные, а иногда и новые звезды простым театральным биноклем, изображение которого приведено на рис. 11. Очень важно иметь бинокль в легкой алюминиевой оправе. Еще лучше иметь так называемый призматический бинокль (рис. 12). Призматический бинокль, который часто называют полевым или военным, делает доступным звезды до девятой величины и дает увеличение около шести раз. В него можно увидеть спутников планеты Юпитера, большие пятна на Солнце и большие горы на Луне, а для наблюдения переменных звезд от пятой до девятой величины он прямо незаменим. Прекрасные призматические бинокли выпускаются теперь советскими заводами и стоят сравнительно недорого.

Бинокль всегда следует держать в чистоте. Для этого надо осторожно вытирать пыль со стекол мягкой тряпочкой. Оптики советуют вытирать стекло замшей; но лучше не пользоваться замшей, так как она царапает стекло; если же все-таки пользоваться замшей, то ни в каком случае не следует прижимать

ее крепко к стеклу, а сложить ее в виде подушечки и легко протирать стекла.

Бинокль должен быть выбран по глазам и должен давать отчетливые изображения звезд; все они должны казаться точками; в такой бинокль приятно наблюдать, и им можно многое сделать.

Бинокль оказал науке значительные услуги: законы изменения блеска всех блестящих переменных звезд выведены из наблюдений, произведенных в бинокль. Причина постоянного

или периодического изменения их блеска долго оставалась тайною и раскрыта для некоторых из них только недавно, при помощи так называемого спектрального анализа. Но последний пришел на помощь астрономам только тогда, когда законы изменения блеска переменных звезд были уже изучены. Не все, однако, законы еще известны: ежегодно открываются новые

явления, которые приходится изучать и исследовать опять-таки при помощи маленького, но ценного бинокля.

Полюбуйтесь, читатель, в бинокль Плеядами или Гиадами; выберите для этого тихую, ясную, безлунную ночь, вы придете в восторг и не скоро расстанетесь с биноклем. А если в течение нескольких вечеров вы будете следить за изменением блеска  $\beta$  Лирь или  $\delta$  Цефея и обработав свои наблюдения, увидите, каким удивительным изменениям подвергается их блеск, то сами убедитесь насколько ценен бинокль при изучении небесных явлений.

Каждый любитель астрономии, имеющий бинокль, должен испытать его качества. Лучшим для этого средством могут служить звезды вблизи полюса мира. Из наблюдений над ними каждый может определить, какой величины звезды доступны для его бинокля. Для той же цели могут служить другие звездные группы, например, звезды в Волосах Вероники, Плеяды, Гиады и другие. Подробные сведения о звездной группе Плеяд читатель найдет в главе «Созвездия», стр. 46.

Увеличение бинокля может быть определено сравнением величины предмета, видимого невооруженным глазом, с его величиною, видимою в бинокль. Для астрономических целей всего лучше брать легкие бинокли с малым увеличением (от двух до шести раз).

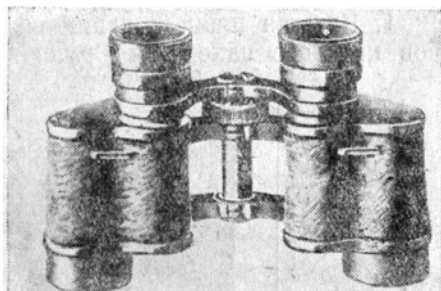


Рис. 12. Призматический бинокль.



## ГЛАВА IV

### ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

#### 1. ЗАКОНЫ КЕПЛЕРА

После многолетних трудов и утомительных вычислений Кеплер открыл следующие три закона движения планет:

1. Каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.



Иоган Кеплер

2. Площади, описываемые радиусом-вектором планеты, пропорциональны времени.

3. Квадраты времен полных обращений планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей эллипсов, описываемых планетами.

Эти законы, переданные Кеплером потомству, послужили к открытию Ньютоном великого закона тяготения. Рукописи Кеплера, в которых изложены изыскания его законов, легшие

в основу всей современной астрономии, хранятся в Пулковской обсерватории. Дадим понятие о тех величинах, которыми характеризуется путь небесного светила (его орбита) вокруг Солнца.

Планеты и многие из комет движутся вокруг Солнца по эллипсам. Внутри эллипса можно найти две точки ( $F_1$  и  $F_2$  на рис. 14), называемые фокусами эллипса и обладающие тем свойством, что сумма расстояний  $r_1$  и  $r_2$  от каждой из этих точек

до любой точки эллипса есть величина постоянная, равная наибольшему диаметру эллипса, называемому большой осью эллипса. Большая полуось эллипса  $\pi A : 2 = \theta \pi = \theta A$  обозначается буквой  $a$  и обычно измеряется в так называемых астрономических единицах т. е. в расстояниях от Земли до Солнца. Астрономическая единица = 149 500 000 км.

Степень вытянутости эллипса характеризуется величиной

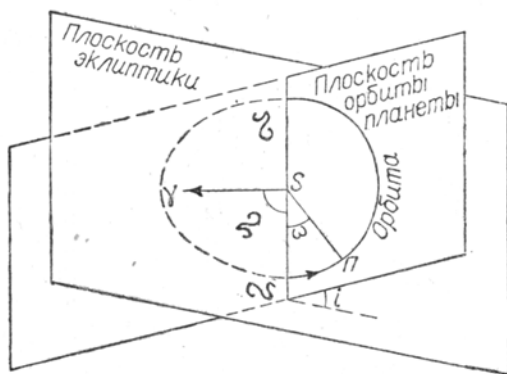


Рис. 13. Элементы планетных орбит.

его эксцентриситета, обозначаемой

$$e; e = \frac{OF}{OA} = \frac{c}{a}, \text{ и представляет}$$

отношение расстояния центра эллипса  $O$  от одного из его фокусов к длине большой полуоси. Если эксцентриситет  $e = 0$ , то орбита является кругом. Точка эллипса  $L$ , ближайшая к Солнцу, называется перигелием, а точка  $A$ , наиболее далекая от Солнца, называется афелием. Плоскость орбиты светила обычно не совпадает с плоскостью эклиптики, т. е. с плоскостью земной орбиты. Величина угла, образованного плоскостью орбиты светила с плоскостью эклиптики, называется наклоном орбиты и обозначается буквой  $i$  (рис. 13). Линия, по которой пересекаются упомянутые плоскости, называется линией узлов орбиты. Орбита светила пересекается с плоскостью эклиптики в двух точках  $\Omega$  и  $\omega$  из которых та, находясь в которой светило переходит из южной части неба, лежащей под плоскостью эклиптики, в северную часть, называется восходящим узлом орбиты и изображается знаком  $\Omega$ . Тем же знаком отмечается так называемая долгота восходящего узла, т. е. угла между направлениями, проведенными из Солнца  $S$  в точку весеннего равноденствия  $\gamma$  и в восходящий узел орбиты. Этот угол отсчитывается против часовой стрелки, если смотреть с северного полюса эклиптики.

Угол между линией узлов  $s\Omega$  и направлением из Солнца в точку перигелия  $s\pi$  называется расстоянием перигелия от узла и обозначается буквой  $\omega$ .

Большая полуось  $a$  и эксцентриситет  $e$  характеризуют размер и форму орбиты, а остальные величины характеризуют положение орбиты в пространстве. Кроме этих величин, нужно бывает знать еще один из тех моментов, когда светило при своем движении по орбите было в точке перигелия. Этот момент обо-

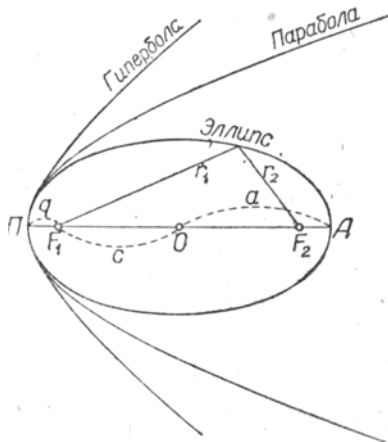


Рис. 14. Орбиты небесных тел.

значается  $T$  и называется эпохой или моментом прохождения через перигелий.

Перечисленные выше 6 величин называются элементами эллиптической орбиты.

Если эксцентриситет эллипса увеличивать все больше и больше, то он становится все более и более вытянутым, и когда эксцентриситет  $e$  становится равным 1, кривая превращается в параболу, имеющую только один фокус. На рис. 14 этот фокус совпадает с фокусом эллипса  $F_1$ . Ветви параболы в пределе становятся параллельными друг другу (другой фокус удаляется,

как говорят, в бесконечность). Светило,двигающееся по такой орбите, уже никогда не вернется к Солнцу. Такие орбиты встречаются у комет и у метеоров. В случае параболы  $e = 1$ , а большая полуось бесконечно велика, поэтому для параболической орбиты, кроме оставшихся 4 элементов, определяют величину  $F\pi$ , называемую перигелийным расстоянием и обозначаемую буквой  $q$ .

Если эксцентриситет  $e$  больше единицы, то кривая называется гиперболой.

Светило,двигающееся по гиперболической или по параболической орбите, только один раз может обогнуть Солнце. Вот в качестве примера элементы некоторых небесных тел:

#### Малая планета Эрос

$a$ — большая полуось.....	1,46 астр, единицы
$e$ — эксцентриситет.....	0,223
$i$ — наклонение.....	$10^\circ 30'$
$\Omega$ — долгота восходящего узла.....	$303^\circ 36'$
$\omega$ — расстояние перигелия от узла.....	$177^\circ 39'$
$T$ — момент прохождения через перигелий .....	1900 г. октября 31,5 ср.
	Берлинского времени

Комета 1885 г.

$q$ — перигельное расстояние .....	0,754 астр. единицы
$i$ — .....	$59^{\circ}20'$
$\Omega$ — .....	$204^{\circ}29'$
$\omega$ — .....	$43^{\circ}26'$
$T$ —1885 г. августа 10,444 ср. Париж- ского времени.....	

Малая планета движется по эллипсу, комета движется по параболе.

## 2. ЗАКОН НЬЮТОНА

Закон всемирного тяготения Ньютона, по праву называемый великим, всем хорошо известен. Если я скажу о нем несколько слов, то лишь потому, что считаю полезным лишний раз напомнить о нем и попутно дать понятие о некоторых величинах, играющих большую роль в астрономии.

Закон тяготения изложен Ньютоном очень кратко и очень ясно:

Все тела взаимно тяготеют пропорционально их массе и обратно пропорционально квадрату отделяющего их расстояния.

Но этого одного закона для изучения движения небесных светил и земных предметов недостаточно. Ньютон установил еще один основной закон механики, имеющий также мировое значение; это закон инерции.

1. Если тело находится в относительном покое и на него не действуют никакие внешние силы, то оно и останется в относительном покое.

2. Если тело движется и на него не действуют никакие внешние силы, то оно будет двигаться равномерно и прямолинейно по первоначальному направлению.

Насколько важен закон тяготения, можно видеть по следующему историческому примеру.

В 1781 г. В. Гершель открыл случайно планету Уран, лежащую за Сатурном, который считался последней планетой солнечной системы. По многочисленным наблюдениям Урана была определена его орбита, и в 1821 г. французский астроном Бувар издал составленные им таблицы движений Урана. Одновременно он обнародовал таблицы движений Юпитера и Сатурна. Сравнивая наблюдения этих трех планет с таблицами, он убедился, что наблюдения положения Юпитера и Сатурна среди звезд хорошо согласовались с ними, а наблюдения Урана постепенно уклонялись от таблиц; в 1830 г. на  $20''$ , в 1840 г. на  $90''$ , а в 1843 г. уже на  $120''$ . Пересмотр вычислений не обнаружил ошибок, могущих вызвать подобные уклонения; надо было допустить, что какая-то особая причина вызвала их.

Следует заметить, что в своем движении Уран уклонялся в сторону, противоположную Солнцу, что давало повод к вероятному заключению, что причина уклонений лежит за Ураном.

В это время Парижская обсерватория под управлением Араго обладала большим штатом астрономов, среди которых особенно выделялся талантливый молодой Леверье. Хотя он начал свою карьеру как химик в Табачной монополии, но вскоре занялся исключительно астрономией и прославился своими теоретическими исследованиями движений всех планет солнечной системы. Араго предложил ему заняться изучением движения Урана и разъяснением уклонений таблиц Буvara от наблюдений. Леверье,



Исаак Ньютон

взявшись за дело, повел его строго систематически. Он вычислил вновь таблицы движения Урана и не нашел в них никакой ошибки, могущей объяснить уклонения Урана от таблиц. Предположив, что причина уклонения кроется в существовании некоторого светила, принадлежащего солнечной системе и лежащего за орбитой Урана, он вычислил, по этим уклонениям и придерживаясь закона тяготения Ньютона, положение этой планеты и орбиту ее движения и ее массу. Закончив свои вычисления, он доложил о них Араго, который списался с директором Берлинской обсерватории академиком Энке. В это время по почину Берлинской академии наук составлялись так называемые академические звездные карты неба, которые были разделены между несколь-

кими обсерваториями, и тот участок, в котором должна была находиться ожидаемая планета, составлялся в Берлинской обсерватории доктором Галле с помощью датского астронома Д'Аррэ. Энке, получив письмо, передал его Галле, который в тот же вечер принялся за розыски планеты. Прежде всего он осмотрел то место на звездной карте, где должна была находиться планета, но ничего там не нашел; затем он пошел в обсерваторию и, осмотрев указанный участок неба, нашел там небольшой круглый объект, отличающийся от звезд; это и была искомая планета Леверье, названная им Нептуном. Почему планета не находилась на карте, объясняется просто тем, что при составлении карты планета в этом месте была, а ко дню открытия она подошла туда. Это замечательное открытие произведено 23 сентября 1846 г.

Независимо от Леверье, молодой студент Кембриджского университета Адамс в 1843 г., двумя годами раньше Леверье, взялся за ту же задачу вычисления уклонений движения Урана от таблиц Бувара. В 1845 г. он закончил вычисления и представил их своему профессору Чалису, который отправил их директору Гринвичской обсерватории Эйри; Эйри стал проверять вычисления молодого астронома Адамса. А Чалис стал разыскивать планету на небе. Для этой цели он наблюдал все звезды около места, указанного Адамсом, и наверное открыл бы планету, если бы заметил движение одной из наблюдаемых звезд. Для этого он должен был проверить все измерения и произвести ряд вычислений, но пока он это делал, Нептун был открыт в Берлине астрономом Галле.

Открытие Нептуна, существование которого было предугадано Леверье и другим английским астрономом Адамсом в Кембридже, служит самым блестящим подтверждением Закона всемирного тяготения Ньютона. Имя Леверье поставлено астрономами на ряду со славными и самыми блестящими именами, которыми гордится наука.

Через 50 лет после открытия Нептуна был поднят вопрос о существовании занептунной планеты. Для разыскания ее можно было воспользоваться способом, указанным Леверье. Американин П. Лоуэл принялся за розыски ее и много лет упорно трудился над решением этого вопроса.

14 марта 1930 г. была получена телеграмма (из Центрального бюро Международного астрономического союза в Копенгагене) следующего содержания: «В обсерватории Лоуэля открыта планета в согласии с транснептуновой планетой Лоуэля. Положение на 14 марта 1930 г. в 3 ч. 0 м. 0с. мирового времени; 7 сек. времени к западу от дельты Близнецов, 15-й величины».

Планета была наблюдаема с 21 января 1930 г. в обсерватории Лоуэля в Флагстафе, а начиная с 14 марта в других обсерваториях: в Алжире, Бергедорфе, Гейдельберге, Жювизи, Нейбабельсберге, Париже, Пулкове, Укле и др.

Таким образом, открытие занептунной планеты подтверждено многими наблюдениями в обсерваториях Старого и Нового Света. Планета названа Плутоном. Лоуэлл связал навеки свое имя с крайней планетой солнечной системы. Из многих наблюдений определены элементы орбиты Плутона. Период обращения вокруг Солнца в среднем из пяти определений оказался в 249 лет, так что в год Плутон проходит по своей орбите дугу в  $1^{\circ}5'$ , а в сутки  $14''{,}4$ .

Планета Плутон небольшая: ее масса равна около 0,7 массы Земли. В настоящее время она находится в созвездии Близнецов.

В следующей таблице сведены все планеты солнечной системы:

Планеты	Число спутников планет	Планеты	Число спутников планет
1. Меркурий	—	7. Уран с 1781 г.	4
2. Венера	—	8. Нептун с 1846 г.	1
3. Земля	1	9. Плутон с 1930 г	2
4. Марс	2		
5. Юпитер	10		
6. Сатурн	9		

Кроме того, начинал с 1801 г. между орбитами Юпитера и Марса открыто более тысячи так называемых малых планет, или астероидов, из которых самая большая, Церера, имеет всего 770 км в поперечнике, а большинство меньше десятка километров диаметром.

Другой пример открытия, основанного на теории всемирного тяготения, дал Бессель, директор Кенигсбергской обсерватории, тот астроном, который первый высказал предположение о существовании Нептуна в письме к Ольберсу в 1823 г., за 23 года до открытия Нептуна, и выражал надежду заняться исследованиями по этому предмету, который должен дать превосходнейший вклад в науку. Он поручил предварительно работу своему ассистенту Флемингу в 1838 г., но Флеминг умер в 1840 г. от грудной болезни, и работа его не была окончена. В это время Бессель был занят большой работой по обработке наблюдений, вошедших в его знаменитый звездный каталог и которые помещены в его не менее знаменитых сочинениях, и не мог заняться вопросом о Нептуне. В это время он определял собственные движения Сириуса и Прокциона и установил, что эти движения неправильные, что эти звезды периодически уклоняются от своего прямолинейного пути. Он заявил, что это может быть только в том случае, если эти звезды не одинокие, а двойные, но что в обоих случаях видна только одна звезда, а другая из-за слабости ее света не видна. Это было в 1844 году.

По закону тяготения две звезды, составляющие одну систему, должны двигаться по эллипсам вокруг их общего центра тяжести; в частности они могут двигаться и по кругу. Если принять одну звезду за неподвижную, то она будет лежать в фокусе эллипса, описываемого другою звездой. В действительности обе звезды движутся около общего центра тяжести и каждая из них описывает эллипс с общим фокусом (рис. 15).



Ф. В. Бессель

Величина этих эллипсов, определяемая их большими осями, обратно пропорциональна массам звезд: главная звезда  $M_1$  описывает малый эллипс, а вторая звезда  $M_2$  — большой. Расстояние звезд от фокуса  $C$  тоже обратно пропорционально массам звезд, т. е.  $M_1 C : C M_2 = m : M$ , где  $m$  обозначает массу меньшей звезды  $M_2$ , а  $M$  — массу большей звезды  $M_1$ . Во все время движения сохраняется приведенное отношение их положения относительно центра тяжести, около которого каждая звезда и описывает свой эллипс. При движении всей системы в небесном пространстве ее центр тяжести  $C$  движется равномерно и прямолинейно по инерции, а каждая звезда описывает узловую линию. При существовании темного спутника видны только узлы большой звезды  $M_1$ , а положение центра тяжести  $C$ , определяется вычислениями. Если мысленно провести прямую через положения  $M_1$  и  $C$ , то на ее продолжении должен находиться темный спутник, положение которого может быть определено весьма точно, Пользуясь указанным выше отношением.



Морское министерство Соединенных Штатов Северной Америки заказало известному в то время оптику Альвану Кларку в Кембриджпорте, штата Массачусетс, большой рефрактор с объективом в 24 дюйма в диаметре. После нескольких лет работы Кларк изготовил объектив к концу 1861 г. и приступил к испытанию его. В январе 1862 г. в прекрасный ясный тихий вечер он направил телескоп на Сириус и увидел около него слабую звездочку, которая и оказалась искомым «темным» спутником Сириуса. Таким образом, предсказание о существовании све-

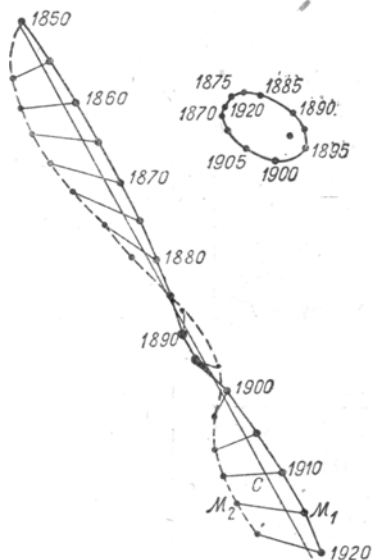


Рис. 15. Относительное и абсолютное движение Сириуса и его спутника,

тила, произведенное на основании закона тяготения, оправдалось блестящим образом.

Что касается до спутника Прокциона то он открыт в 36-дюймовый рефрактор Ликской обсерватории астрономом Шеберле 14 ноября 1896 г. Закон всемирного тяготения Ньютона дал возможность открыть звезды, существование которых было неизвестно и которые были невидимы.

Движение комет вокруг Солнца, происходящее в силу закона тяготения, представляет много замечательных явлений. Они движутся по весьма вытянутым эллипсам; у некоторых комет один конец эллипса находится у самого Солнца, почти касается его поверхности, а другой конец доходит до орбиты Нептуна, Плутона и даже дальше, за пределы

солнечной системы. Некоторые кометы движутся по таким вытянутым эллипсам, что их нельзя отличить от параболы. Например, комета 1844 г., которая одним концом своей орбиты почти коснулась поверхности Солнца, другим, двигаясь по параболе, удалилась в бесконечную бездну вселенной и никогда уже не вернется к Солнцу, как возвращаются те кометы, которые движутся по замкнутым эллипсам.

Наименьшие орбиты комет доходят до орбиты Юпитера. Например, комета Энке обращается вокруг Солнца в  $3\frac{1}{2}$  года, а кометы, доходящие до Сатурна, например, комета Неуймина обращается вокруг Солнца в 17,7 лет, кометы же, доходящие до орбиты Нептуна, обращаются в 70 и больше лет.

Кометы бывают видны только тогда, когда они находятся вблизи Солнца, на протяжении одной сотой части их орбиты; по этой сотой или тысячной части пути судят о движении кометы

по всей ее невидимой орбите с такой точностью, как будто ее видят. При этом вычисляют не только путь, но и положение кометы для заранее заданного времени, когда она выйдет далеко за пределы солнечной системы (если орбита оказывается параболической), и время обращения вокруг Солнца (если орбита оказывается эллиптической). Например, комета Неуймина, открытая им в 1914 г. в Симеизской обсерватории, оказалась периодической с периодом обращения в 17,7 лет.

За время с 1901 г. она два раза приближалась к орбите Сатурна; вычислениями определено место на орбите Сатурна, куда приближалась комета и когда это произошло, — и все вычисления произведены так, как будто комета в это время, была видна. Приведу еще пример: астроном Ривс в Сарагоссе открыл комету 10 августа 1931 г.; она была четвертой в этом году и была видна очень непродолжительное время; между тем выяснено, что в конце октября 1930 г. она приблизилась к Юпитеру, а осенью того же года была близка к новой планете — Плутону.

Многие кометы вступают в пределы солнечной системы из безграничных пространств вселенной. В пределах солнечной системы они могут приблизиться к той или иной планете, к которой они и тяготеют. Вследствие этого они уклоняются от своего первоначального пути, изменяют свою орбиту и могут даже превратиться в периодические, начав двигаться по эллипсу. При этом некоторые кометы группируются около орбиты Юпитера, а другие около орбиты Сатурна, Урана или Нептуна. Так образуются группы комет, которые называются семьями, по имени тех планет, около которых они группируются. Явление это называется пленением комет. Но может произойти и обратное явление: периодическая комета, принадлежащая к некоторой семье, может быть оттянута большою планетою и станет двигаться по параболической орбите и тогда, она навсегда уйдет от Солнца. Так произошло с кометою Лекселя 1770 г. Она обращалась в семье Юпитера с периодом в 5—6 лет, в настоящее время она движется где-то в небесном пространстве и, может быть, приближается к какой-нибудь звезде — другому солнцу.

Сила тяготения проявляется везде: на Земле, в пределах солнечной системы и в звездных пространствах, отстоящих от Земли и Солнца на громадные расстояния. Нельзя найти во Вселенной ни одной точки, где бы закон тяготения не действовал.

## СОЗВЕЗДИЯ

**В** настоящей главе помещено описание некоторых наиболее значительных созвездий и выдающихся светил, видимых в СССР. Главное внимание обращено на блестящие звезды, но в некоторых случаях, как мною упомянуто во введении, я невольно вышел за эти пределы: я описал телескопические и невидимые миры. Это обуславливается тесною связью между блестящими и телескопическими мирами; в физическом отношении между ними нет никакой разницы; различие — чисто субъективное, оно заключается в том, что телескопические светила не могут быть наблюдаемы невооруженным глазом.

Здесь описаны только те созвездия, которые содержат особенно много интересных светил и замечательные явления.

При описании созвездий мы упоминаем о переменных и новых звездах, а также о потоках падающих звезд. Этим светилам посвящены также и отдельные главы настоящей книги.

### 1. БОЛЬШАЯ МЕДВЕДИЦА

Кто не знает созвездия Большой Медведицы? Это украшение нашего северного неба; в наших широтах она видна круглый год в северной части неба. Подобно нам ею, вероятно, любовались и в глубокой древности. Большая Медведица, как и некоторые другие созвездия, служила еще древним финикиянам для целей кораблевождения. В наше время звезды Большой Медведицы также являются путеводными светилами; ими руководствуются во время ночных переездов по обширным степям, морям и пустыням. По-видимому, Большая Медведица служила подобным же целям и в давно прошедший период каменного века; так изображение Большой Медведицы найдено на каменной плитке при раскопках в одном из древних курганов возле ст. Бологое.

С древних времен многое изменилось; простое восхищение небом сменилось глубоким и всесторонним его изучением. Современные астрономы не только любят красивые очертаниями блестящего созвездия, не только пользуются его светилами как путеводными звездами, но тщательно изучают каждую из них: их блеск, движение и строение. Исследования астрономов увенчались замечательным открытием: пять наиболее ярких звезд в Большой Медведице (образующие фигуру ковша) имеют одинаковое собственное движение и одинаковый спектр.

Несколько слов о движении звезд в небесном пространстве. Каждая звезда, взятая в отдельности, может двигаться по любому направлению; если бы рассматриваемая звезда случайно

двигалась на нас или удалялась от нас, то мы не имели бы возможности заметить ее движения при помощи простого телескопа: звезда казалась бы нам абсолютно неподвижной. Подобное движение может обнаружить только фотография спектра звезды; если звезда приближается к нам, то все ее спектральные линии смещаются к фиолетовому концу спектра; если же звезда удаляется от нас, то те же линии смещаются к красному концу спектра; самая величина смещения зависит от скорости движения. Обратно, по данному смещению спектральных линий можно самым простым расчетом определить скорость движения звезды по направлению луча зрения. Подобным расчетом определяется так называемая лучевая скорость звезды. Спектральное определение лучевой скорости светил важно в том отношении, что оно производится независимо от расстояния звезды от нас и притом в течение одного вечера. Если же звезда движется по направлению, перпендикулярному к лучу зрения, то спектроскоп является бессильным раскрыть скорость ее движения; но тогда является на помощь астрономам другой прием; звезда меняет свое видимое положение и кажется нам движущейся по небесному своду. Наблюдая звезду в различные годы, мы заметим ее в различных местах небесного свода и определим таким образом скорость видимого движения звезды по небесной сфере. Полученная таким путем скорость существенно отличается от скорости, определяемой из спектральных наблюдений: последняя выражается прямо в километрах, а видимое перемещение по небесной сфере выражается в секундах дуги и может быть переведено в километры или в другие линейные единицы только в том случае, если нам известно расстояние до звезды.

Вернемся к звездам Большой Медведицы. Характерное очертание созвездия (рис. 16) определяется семью блестящими звездами, обозначенными на звездных картах первыми буквами греческого алфавита:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\zeta$ ,  $\eta$ .

Две крайние звезды  $\alpha$  и  $\eta$  не участвуют в общем движении остальных пяти звезд; в дальнейшем речь будет только об этих пяти звездах, имеющих общее движение и общий спектр; они имеют одинаковое видимое движение по небесной сфере (рис., 17) и одинаковую скорость движения по лучу зрения; все они приближаются к нам со скоростью 30 км в одну секунду. Что может нам сказать одинаковое собственное движение пяти звезд Большой Медведицы? Может ли оно быть случайным? Конечно, нет. Мы с полной уверенностью говорим, что оно не является делом простого случая, а что какая-то причина, общая всем пяти звездам, вызвала их одинаковое движение в небесном пространстве. Мало того, мы утверждаем, что эта пока еще неизвестная нам причина действовала и вчера, и год тому назад; она действовала сто, тысячу и более лет назад, — во все время существования звезд, Большой Медведицы; следовательно, она действовала и при их образовании, когда они созидались.

Полученный нами вывод, основанный на факте общего движения пяти звезд Большой Медведицы, был проверен спектральными наблюдениями профессора Фогеля в Потсдаме возле Берлина и затем многократно в других обсерваториях; их спектр оказался одинаковым, что, несомненно, указывает на единство их состава, а это в свою очередь указывает на общность их происхождения, о чем мы могли заключить по общности собственного движения пяти звезд.

Итак, два явления — одинаковое собственное движение пяти звезд Большой Медведицы и их одинаковый спектр приводят к заключению, что эти звезды образовались из одного и того же вещества, составлявшего когда-то обширное туманное образование. Этот простой факт, открытый

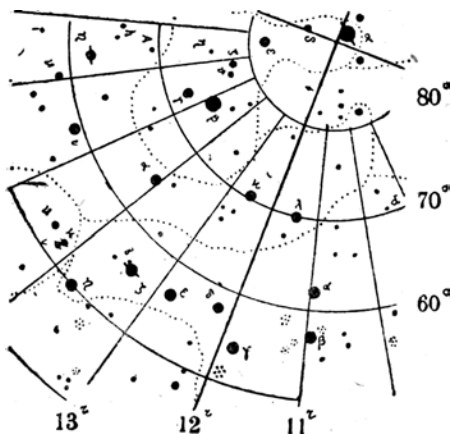


Рис. 16. Карта созвездия Большой Медведицы.

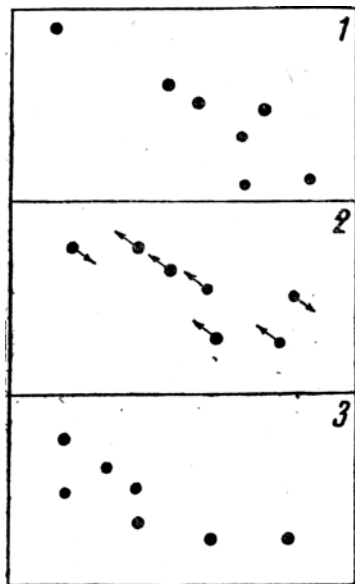


Рис. 17. Вид созвездия Большой Медведицы 50 000 лет тому назад в настоящее время и вид его через 50 000 лет.

астрономами, дал возможность заглянуть в далекое прошлое Большой Медведицы; мы узнали, что в эпоху, отделенную от нас громадным промежутком времени, в необозримой вселенной двигалось газообразное вещество; оно, вероятно, светилось подобно веществу многих туманностей. Оно стало сгущаться в пяти местах, и здесь образовалось пять звезд Большой Медведицы. Вначале, когда звезды еще созидались, они были окутаны газообразным веществом, но по мере поглощения его звездами оно исчезало, и в настоящее время мы его вовсе не видим.

Звезды Большой Медведицы движутся к нам, и с каждой секундой они приближаются; следовательно, видимое расстояние между звездами должно увеличиваться: они должны рассту-

паться и в то же время они должны становиться ярче. Да так и должно быть; но пройдут века и тысячелетия, и мы не заметим ни изменения в относительном положении пяти звезд Большой Медведицы, ни увеличения их блеска; не заметим изменения их блеска на том основании, что, как это мы сейчас узнаем, пространство, проходимое звездами в течение ста или даже тысячи лет, ничтожно мало сравнительно с расстоянием, отделяющим нас от этих звезд Большой Медведицы, и вследствие этого изменение их блеска будет самое незначительное. Какое же это расстояние, как оно велико? По расчетам оказывается, что пять звезд Большой Медведицы находятся так далеко от нас, что свет от них доходит до нашего глаза в 70—80 лет! Вспомним, что от Солнца до нас свет пробегает всего в 8 минут и 20 секунд. Принимая скорость света в 300 000 км в секунду и скорость движения к нам звезд Большой Медведицы в 30 км в секунду, получим, что для прохождения расстояния, отделяющего их от Земли, потребуется около миллиона лет.

Зная расстояние от Земли до этих пяти из звезд Большой Медведицы и пространство, на которое они к нам приближаются в одну секунду времени, мы можем рассчитать, через сколько лет их яркость настолько увеличится, чтобы просто глазом можно было заметить это увеличение. Если их блеск увеличится только на  $\frac{1}{4}$  звездной величины, то просто глазом, по сравнению с другими звездами, можно заметить произошедшее изменение блеска звезд. Остановимся на этом предположении и произведем расчет; он очень прост.

Обозначим буквой  $h$  нынешний видимый блеск одной из пяти звезд Большой Медведицы, а будущий, увеличенный вследствие приближения к нам, — буквою  $h'$ . Разница в блеске может быть заметна, если  $h'$  будет более  $h$  на  $\frac{1}{4}$  звездной величины; при таких условиях  $h'$  определится из соотношения:

$$\frac{h'}{h} = \frac{1}{\delta^{\frac{1}{4}}}.$$

Так как величина  $\delta = 0,4$ ,

$$h' = \frac{h}{(0,4)^{\frac{1}{4}}} = 1,26 h.$$

Из этого равенства мы заключаем, что изменение блеска звезды будет замечено только в том случае, если он увеличится на 0,26 или, в круглых числах, на одну четверть нынешнего блеска.

Рассчитаем теперь, на какую долю должно уменьшиться расстояние, чтобы видимый блеск звезды увеличился на 0,26. Мы знаем (стр. 16), что с уменьшением расстояния блеск увеличивается и притом обратно пропорционально квадратам расстоя-

ний. Следовательно, если в настоящее время расстояние, отделяющее нас от Большой Медведицы равно  $R$ , а со временем уменьшится на  $x$  и будет равно  $R-x$ , то между видимыми блесками — нынешним и будущим — и расстояниями существует следующее отношение:

$$\frac{R^2}{(R-x)^2} = \frac{h'}{h} = 1,26.$$

Разделив в первой части уравнения числителя и знаменателя на  $R^2$  мы получим:

$$\frac{1}{\left(1 - \frac{x}{R}\right)^2} = 1,26,$$

откуда определяем:

$$1 - \frac{x}{R} = \frac{1}{\sqrt{1,26}};$$

Перед корнем поставлен один знак  $+$ , потому что нам необходимо знать только абсолютное значение корня.

Решение последнего уравнения дает нам для  $\frac{x}{R}$  следующее значение:

$$\frac{x}{R} = 1 - \frac{1}{\sqrt{1,26}} = 1 - 0,89 = 0,11,$$

откуда

$$x = 0,11 R$$

т. е. уменьшение должно равняться  $\frac{11}{100}$  всего расстояния.

Нам остается выяснить, во сколько лет произойдет подобное уменьшение.

В одну секунду среднего времени рассматриваемые звезды приближаются к нам на 30 км, а так как свет распространяется со скоростью 300 000 км в одну секунду времени, то мы заключаем, что звезда движется в 10 000 раз медленнее света.

$$\left(\frac{30}{300\,000} = \frac{1}{10\,000}\right).$$

Свет от этих звезд до нашего глаза доходит за 80 лет и, следовательно, в один год он пробегает  $\frac{11}{80}$  всего расстояния, но так как звезды двигаются в 10 000 медленнее, то в течение одного года они переместятся на

$$\frac{1}{80} \cdot \frac{1}{10\,000} = \frac{1}{800\,000} \text{ всего расстояния.}$$

Итак в течение одного года звезды приближаются к нам на одну восьмьсоттысячную всего расстояния, а сейчас мы вычислили, что они должны приблизиться на 0,11 этого расстояния для того,

чтобы изменение блеска стало заметно невооруженным глазом; на 0,11 всего расстояния звезды переместятся в число лет, которое определится из отношения:

$$0,11 : \frac{1}{800\,000} = \frac{11 \cdot 800\,000}{100} = 88\,000.$$

Итак, по истечении 88 тысяч лет можно, будет заметить увеличение блеска пяти звезд Большой Медведицы. После этих вычислений становится ясным, почему мы не можем заметить увеличения блеска звезд в настоящее время. Распространяя полученный вывод на прошедшие времена, мы утверждаем, что во все исторические и доисторические, но известные нам времена звезды Большой Медведицы блистали так же ярко, как и в настоящее время.

В том же направлении, что описанные пять звезд, движутся многие более слабые звезды, расположенные иногда в областях неба, весьма далеких от созвездия Большой Медведицы. К этому движущемуся потоку звезд Большой Медведицы принадлежит и яркий Сириус в созвездии Большого Пса, хотя его видимое расстояние от Большой Медведицы очень велико. Наиболее интересная из звезд Большой Медведицы — это. спутник Мизара — Алькор. Мизар — арабское название  $\zeta$  Большой Медведицы. Наблюдатель с хорошим зрением легко замечает к северо-востоку от Большой Медведицы слабую звездочку: это и есть Алькор, или  $g$  Большой Медведицы. Алькор называется «наездником». Алькор находится на расстоянии 12 минут дуги от Мизара. Алькор и Мизар участвуют в общем движении, так что относительное их положение остается неизменным. В телескоп Мизар разделяется на две звезды: из них одна 2,1 величины а другая — спутница — 4,2. Расстояние между ними 14",24. Спектрографические наблюдения открыли двойственность главной звезды Мизара, причем ее двойственность подтвердилась из измерений особым прибором, так называемым интерферометром. Поэтому Мизар представляет собою систему трех звезд, а вместе с Алькором — четырех звезд, в свою очередь принадлежащую к великой звездной системе пяти блестящих звезд Большой Медведицы.

Упомянув о невидимом спутнике Мизара, открытом спектрографом, я позволю себе перейти за пределы описания этих звезд и обратить внимание на телескопическую звезду, лежащую в пределах созвездия Большой Медведицы. Она обозначена № 1830 в каталоге Грумриджа и является звездой седьмой величины, она отличается необыкновенно большим движением. Ее координаты следующие:

$$\alpha = 11^{\text{h}}49^{\text{m}}3'. \text{ и } \delta + 38^{\circ}28' (1940.0).$$

В течение года эта звезда пролетает пространство, равное 70 расстояниям Земли от Солнца или по 300 км в одну секунду.



Эта скорость так велика, что тяготение светила ко всем видимым звездам Млечного пути не могло вызвать ее; то же тяготение не в силах удержать звезду; она пролетит всю систему Млечного пути и вылетит из нее через более или менее продолжительное время. Звезда Грумбриджа № 1830 является, может быть, временной гостьей нашей звездной системы. Большая скорость ее составляет астрономическую загадку.

Откуда взялась столь значительная скорость у этой звезды? Откуда звезда летит и куда стремится? Есть основания думать, что скоро астрономам удастся разгадать эту тайну вселенной.

## 2. МАЛАЯ МЕДВЕДИЦА

Небольшое созвездие Малой Медведицы принадлежит к числу самых популярных в северном полушарии. Главная его звезда, обозначенная греческою буквою  $\alpha$ , называется «Полярною»; она известна решительно всем: все знают, что она находится около самого полюса мира и кажется почти неподвижною, в то время как остальные звезды описывают в течение суток заметные круги. Многие пользуются Полярною звездою как путеводной.

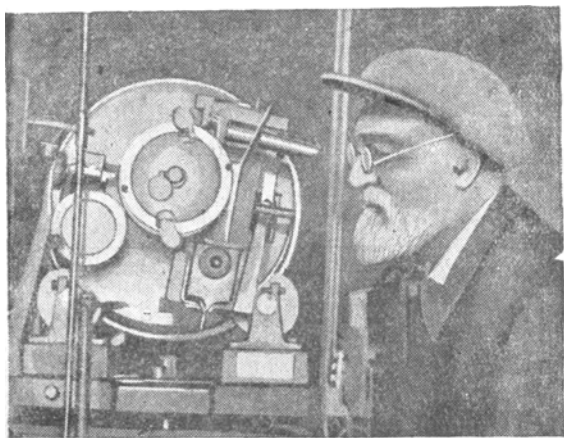
Полярная разыскивается по блестящим звездам Большой Медведицы. Для этой цели проводят прямую линию через две крайние звезды Большой Медведицы  $\alpha$  и  $\beta$ ; начиная от  $\beta$ , на продолжении этой прямой и находится Полярная. Сбиться при этом нельзя, так как в окрестностях Полярной нет другой яркой звезды. На рис. 16 Полярная лежит в правом верхнем углу, у пересечения кругов склонения.

Изучение звездного неба начинается с разыскания Большой Медведицы и Полярной; затем от них переходят к другим звездам и другим созвездиям.

Полярная не принадлежит к числу самых блестящих звезд, но зато она занимает видное место в истории астрономии, да и в настоящее время она имеет первенствующее значение в практической астрономии. В наших широтах она высоко красуется над горизонтом в северной части неба. Если наблюдатель будет перемещаться к югу, то он заметит, что высота Полярной над горизонтом уменьшается; при движении же к северу ее высота увеличивается. Если вы выедете, например, из Ленинграда на юг, в Крым или же в Среднюю Азию, то заметите, что высота Полярной изменяется: на Украине ее высота уже значительно меньше, чем в Ленинграде; по мере перемещения к югу Полярная каждую ночь все более и более приближается к горизонту, и если при дальнейшем путешествии вы поедете еще южнее, например до Сингапура, в Индии, то заметите, что Полярная лежит почти на горизонте. В местностях, лежащих на земном экваторе, например на островах Малайского архипелага, Полярная звезда лежит прямо на горизонте.

Подобное простое наблюдение над изменением высоты Полярной относительно горизонта в зависимости от перемещения наблюдателя по поверхности Земли было произведено в глубокой древности и послужило основанием к заключению о шаровидности Земли, а это заключение в свою очередь дало толчок развитию науки о небе и земле.

Полярная — двойная звезда; она резко отличается от большинства двойных звезд; дело в том, что между главной звездой и ее спутницей громадная разница в блеске: Полярная — второй величины, а спутница — девятой. Если в будущем спутница совершенно поблекнет быстрее, чем главная звезда, то тогда Полярная представит собою такую же систему, как наша сол-



Академик А. А. Белопольский

нечная: будет солнце и темная планета. Может быть вокруг нее обращается много планет — светил, вполне поблекших и потому для нас невидимых; это весьма возможно, но мы этого не знаем и узнаем только тогда, когда какое-нибудь случайное явление укажет нам на существование темных, невидимых светил вблизи Полярной. Астрономы Йоркской обсерватории в Америке заметили при помощи спектрографа периодическое движение Полярной по лучу зрения, что возможно только при существовании других светил, обращающихся вместе с Полярной вокруг общего центра тяжести. Эти наблюдения в настоящее время подтверждены и на других обсерваториях, в частности нашим знаменитым астрофизиком акад. Белопольским. Вполне согласуется со спектральной двойственностью и переменность блеска Полярной, предполагавшаяся еще Дж. Гершелем и до-

казанная визуальными наблюдениями Паннекука и фотографическими наблюдениями Гертцшпрунга. Полярная изменяет свой блеск строго периодически- и принадлежит к так называемым цефеидам с правильной волнообразной формой кривой изменения блеска. Период Полярной почти равен 4 суткам. Наблюдения над нею очень трудны, так как величина колебания блеска не превышает 0,12 звездной величины. Такие звезды в наше время обычно наблюдаются при помощи так называемого фотоэлектрического фотометра, который дает точность до 0,003 звездной величины.

Малая Медведица не богата яркими звездами, но она замечательна тем значением, которое имеют ее звезды для практической астрономии. Производит ли астроном наблюдения так называемым меридианным инструментом в постоянной обсерватории, производит ли он наблюдения во время путешествия — он не обойдется без близких к полюсу мира звезд Малой Медведицы. В постоянной обсерватории ими пользуются для определения положения инструмента относительно меридиана, а во время путешествия — или для той же цели, или же для определения географической широты места наблюдения.

Полюс мира, около которого находится Полярная, не остается неподвижным на небесной сфере. В 26 тысяч лет он описывает полную окружность малого круга, отстоящего на  $23\frac{1}{2}^\circ$  от, неподвижного полюса эклиптики, обозначенного на рис. 18 маленьким кружком в центре круга; в течение этого великого периода полюс мира постепенно подходит к различным звездам, расположенным на окружности упомянутого малого круга; это движение полюса обусловливается явлением прецессии, или предварения равноденствий.

Прецессиональное движение оси мира аналогично колебательному движению оси вращающегося волчка, который по мере ослабления вращения стремится упасть под действием тяготения, но совокупное влияние вращательного движения волчка и вращения падающей оси, вызывает движение оси волчка по воображаемой поверхности конуса. Ось Земли, будучи продолжена до пересечения с небесной сферой, описывает на ней, как сейчас замечено, в 26 тысяч лет малый круг, отстоящий от полюса эклиптики на  $23\frac{1}{2}^\circ$ . На том же рисунке этот круг изображен пунктиром.

Нарисуем этот круг и полюс эклиптики на звездной карте и рассмотрим положение круга относительно звезд; мы увидим, что через 12 тысяч лет (рис. 18) Вега ( $\alpha$  Лиры) будет полярной звездой,  $\alpha$  Малой Медведицы, которую мы теперь называем Полярной, отодвинется далеко от северного полюса мира.

Одновременно с изменением положения полюса мира изменяется и положение плоскости экватора. Через 13 тысяч лет плоскость экватора займет совершенно иное положение и составит с нынешней плоскостью угол в  $2 \times 23\frac{1}{2}^\circ = 47^\circ$ . Некото-

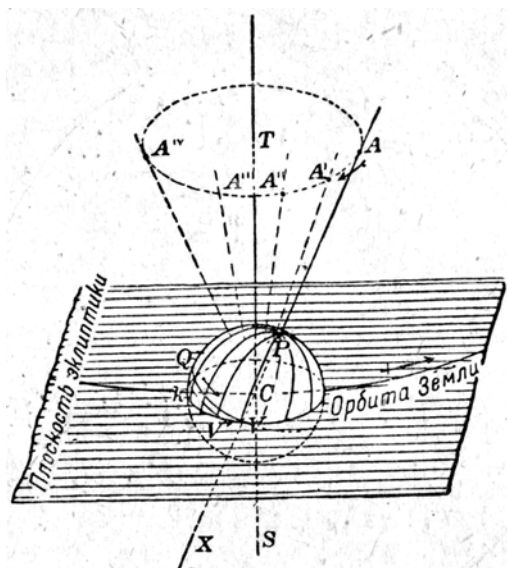


Рис. 18а. Коническое движение земной оси в пространстве, вызывающее явление прецессии.

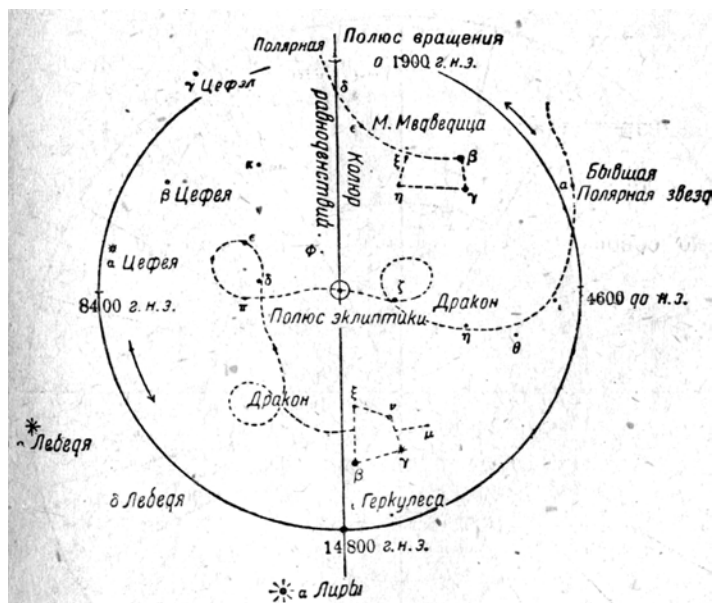


рис. 18. Движение полюса мира около полюса эклиптики, помещенного в центре рисунка;

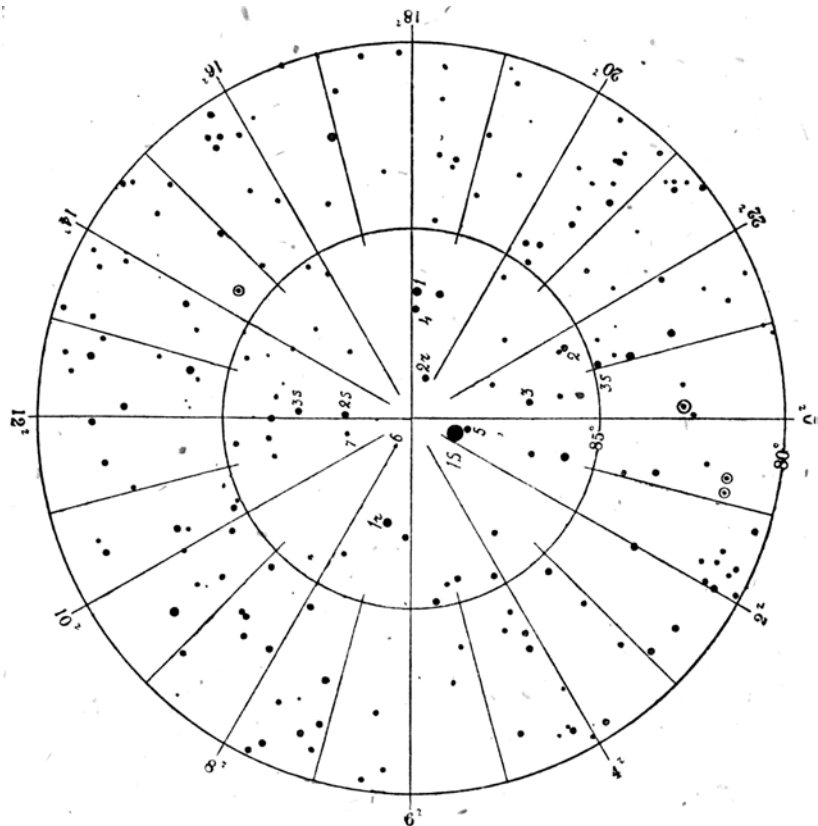


Рис. 19. Карта околополярной области.

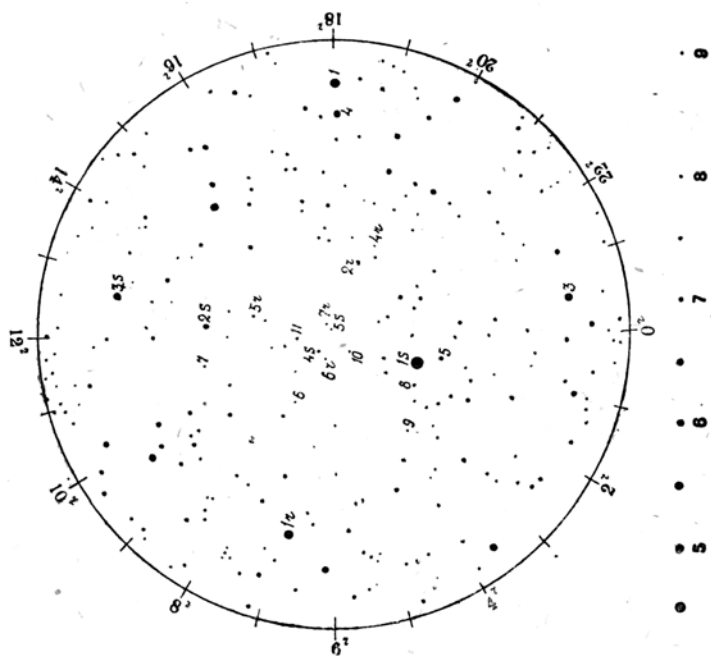


Рис. 20. Центральная часть околополярной области.

рые звезды, находящиеся в настоящее время в южном полушарии, перейдут в северное, и наоборот: находящиеся в северном перейдут в южное. Вид неба изменится. Смещение экватора и точки весеннего равноденствия относительно звезд является причиной того, что координаты звезд  $\alpha$  и  $\delta$  от года к году медленно изменяются. Вот почему, приводя в этой книге  $\alpha$  и  $\delta$  координаты светил, мы пишем рядом с ними в скобках (1940 • 0) год, к которому относятся эти координаты. Изменение положения плоскости экватора происходит постоянно, но, вследствие малости изменения, мы за время в несколько лет простым глазом его не замечаем.

Наблюдение звезд, окружающих северный полюс мира, является наилучшим средством изучить оптические качества своего бинокля. В этой области неба яркость звезд определена очень точно. Кроме того, полярная область всегда находится на одинаковой высоте над горизонтом и поэтому видимая яркость полярных звезд не меняется, благодаря поглощению света земной атмосферой, так, как это происходит с другими звездами при изменении их углового расстояния от горизонта.

Для испытания бинокля следует в ясную, безлунную ночь, пользуясь приведенной картой полярной области неба (рис. 19 и 20), найти самую слабую звезду, которая только едва-едва видна в ваш бинокль. По прилагаемому списку вы найдете звездную величину этой звезды, отмеченной на карте каким-либо номером, и таким образом узнаете, до какой величины в ваш бинокль видны звезды.

Список звезд северной полярной области

1s	2,08	3s	6,35	9	8,83
1	4,37	5	6,45	10	9,06
1r	5,09	6	7,06	6s	9,24
2	5,28	7	7,55	11	9,56
3	5,56				
4	5,84	8	8,13	4r	9,83
2s	6,30	4r	8,27	7s	9,87
2r	6,32	5r	8,63	5r	10,06

В этом списке номером 1s отмечена Полярная звезда.

### 3. ДРАКОН

В северной части неба, вокруг Малой Медведицы, тянется созвездие Дракона, одна из звезд которого имеет замечательную историю; я говорю о  $\gamma$  Дракона. Определение точного ее положения, произведенное английским астрономом Бадлеем, повело к открытию аберрации звезд — явлению, мало известному неспециалистам по астрономии, но имеющему большое практическое значение. Научное значение этого явления, создавшее эпоху в истории науки, громадно.

Когда великий Коперник изложил свою систему мира, среди церковников явился целый ряд критиков. Этот спор завязался еще при жизни великого астронома, когда книга его об обраще-

нии небесных светил еще не появилась в печати: как известно, первый печатный лист был получен Коперником на смертном одре.

Если бы Земля обращалась вокруг Солнца, говорили противники системы Коперника, защищавшие библейское мировоззрение, то звезды усматривались бы в различные дни года с различных точек небесного пространства и проектировались бы в различных точках небесной сферы: они казались бы нам движущимися (такие кажущиеся перемещения зависят от движения наблюдателя и называются параллактическими, а наибольший угол перемещения — параллаксом). Так как в то время ничего



Джеймс Брайлей

подобного не замечалось, то противники системы Коперника выводили заключение, что Земля неподвижна. Проницательный ум великого астронома предвидел подобное возражение; в своем бессмертном творении он высказал мысль, что звезды лежат так далеко от Земли, что их параллактические перемещения в зависимости от движения Земли очень малы и не могут быть ни замечены, ни измерены теми инструментами, которые были в распоряжении астрономов, современных Копернику. Решение вопроса было отложено на неопределенное время. Последователи Коперника стали развивать методы наблюдений и совершенствовать приборы с целью открытия и измерения предполагаемых перемещений звезд. Протекали, однако, годы и десятилетия, а дело не двигалось вперед.

В начале восемнадцатого столетия за разрешение этого жгучего вопроса берется искусный английский астроном Брайлей (род. 1692 г., умер 1762). Изучив математику и астрономию, он отказался от двух богатых приходов, которые имел в качестве священника, и принял кафедру математики и астрономии в Оксфордском университете; это было в 1721 г. Шесть лет спустя, в 1727 г., он открывает явление так называемой аберрации звезд, принятое им сначала за годичный параллакс. Открытие явилось плодом усиленных занятий и остроумного усовершенствования телескопа. При помощи своего богатого друга Молине Брайлей укрепил инструмент неподвижно в стене дома, направив трубу на  $\gamma$  Дракона; к окуляру он приделал микрометр, которым и измерял малейшие перемещения звезды. После двухлетних наблюдений, перемещения  $\gamma$  Дракона стали очевидны. Ближайшее их изучение показало, что они происходят не в той последовательности, как бы следовало ожидать от параллактического движения, а потому объяснение открытого им явления должно быть иное. Брайлей сам уяснил истинную причину: она заключается в соединенном влиянии движения наблюдателя и только что открытого в то время движения света. При движении наблюдателя все звезды кажутся перемещающимися в ту сторону, в которую движется наблюдатель; он всегда должен наклонять трубу несколько вперед относительно своего движения. Это явление может быть сравнено со следующим. Представьте себе, что в тихую погоду идет дождь; дождевые капли падают отвесно. Желая укрыться от дождя, вы раскрываете зонтик и держите его также отвесно; но как только начнете идти, вы должны наклонить зонтик несколько вперед, и тем больше, чем скорее идете. Совершенно то же самое и при наблюдении звезд: вы наклоняете трубу вперед относительно движения Земли, так как потоки лучей света от звезд можно сравнить с потоками дождя. Явление, открытое Брайлеем, может происходить только при движении Земли; следовательно, она движется, а не остается неподвижною. Таким образом Брайлей, желая найти одно доказательство обращения Земли вокруг Солнца, нашел другое.

Открытие это увенчало успехом систему мира Коперника. Гипотеза о движении Земли превратилась в достоверность. Брайлей сделался знаменитым. После смерти Галлея Брайлею предложено было место королевского астронома, как называется в Англии директор Гринвичской обсерватории; он не задумался принять его, хотя вознаграждение было очень скудное. С целью увеличить содержание Брайлея за счет народа король предложил ему богатый гринвичский церковный приход, но Брайлей от него отказался, желая всецело посвятить себя астрономии. Переселившись в Гринвич, он занимался астрономией до конца своей жизни и обогатил науку многочисленными наблюдениями, точнейшими звездными росписями и замечательными открытиями, среди которых, кроме аберрации, первое место занимает



колебание земной оси, или нутация; и в этом открытии опять играли роль наблюдения звезды  $\gamma$  Дракона.

#### 4. ЦЕФЕЙ

Цефей — по преданию царь Эфиопии и один из легендарных мореплавателей аргонавтов, муж красавицы Кассиопеи и отец очаровательной Андромеды. По Лаланду, этой легендарной личности уделено целое созвездие близ северного полюса мира в 1350 г. до нашей эры вниманием Кентавра Хирона. В каталоге Птолемея в созвездии Цефея считалось 13 звезд, в каталоге Гевелиуса — 40, а в настоящее время определено положение до 100 звезд, видимых невооруженным глазом; из них пять звезд третьей величины, четыре — четвертой, а остальные — пятой и шестой. Кроме того, в этом созвездии, как и в любом другом, существует чуть ли не бесконечное множество телескопических звезд. Созвездие Цефея граничит с одной стороны с Малой Медведицей, подходит к самой Полярной, а с другой — к Лебедю и Ящерице, удаляясь от полюса на  $35^\circ$ ; к востоку от него расположено созвездие Кассиопеи и к западу — Дракона.

Из числа звезд Цефея достойны особенного внимания две —  $\mu$  и  $\delta$ . Первая из них ярко-красного цвета, а вторая — желтого; обе вечно меняют свой блеск:  $\mu$  неправильно, а  $\delta$  — правильно периодически.

Изменение блеска этих двух звезд настолько характерно, что их в настоящее время считают типичными звездами, дающими название целым двум классам сходных с ними переменных. Эти два класса называются: звезды типа  $\mu$  Цефея и звезды типа  $\delta$  Цефея, или просто  $\mu$  ц е ф е и д ы. Представительница первого класса — сама  $\mu$  Цефея — меняет свой блеск медленно и неправильно. Сводка всех ее наблюдений, произведенная советским астрономом В. П. Цесевичем, показала, что среди неправильных изменений яркости можно заметить четыре периода в 91, 750, 4675 и 25 000 дней. Эта замечательная по своей сложности периодичность открыта у нескольких еще переменных звезд и, вероятно, составляет особенность обширного их класса, называемого в настоящее время общим именем полуправильных переменных звезд. Весь цикл изменения блеска  $\delta$  Цефея совершается в течение 5,37 дня. Начиная от наименьшего блеска; звезда быстро увеличивается в блеске, а затем медленно блекнет. Период изменения блеска определен с большой точностью. Звезда может быть наблюдаема в небольшой театральный бинокль. В осеннее время в вечерние часы созвездие находится в зените, и наблюдать тогда  $\delta$  Цефея очень удобно; она лежит в вершине небольшого равнобедренного треугольника, в двух других вершинах которого расположены звезды  $\zeta$  и  $\epsilon$ ; с последними сравнивается блеск рассматриваемой переменной звезды. Пределы, между которыми происходит изменение блеска  $\delta$  Цефея,

довольно широкие: в максимуме блеска она 3,7 величины, а в минимуме 4,4. Если за нею следить изо дня в день, то легко заметить, что она приближается по своей яркости то к  $\zeta$ , то к  $\epsilon$  Цефея.

Автор наблюдал блеск  $\delta$  Цефея, пользуясь для этой цели театральным биноклем. Наблюдения, произведенные им с 1892 по 1900 г., обработали астрономом С. И. Белявским; он определил вновь период изменения блеска  $\delta$  Цефея из 398 наблюдений

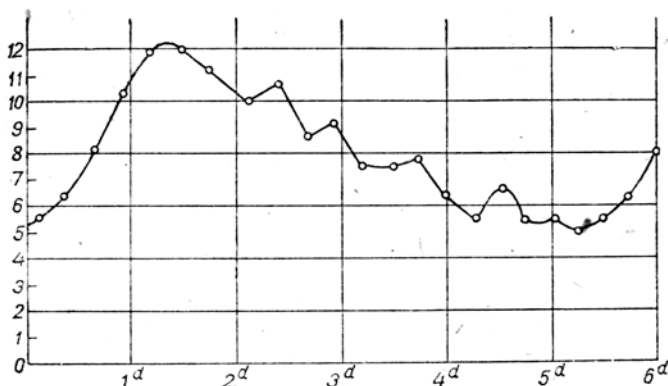


Рис. 21. Кривая изменения блеска  $\delta$  Цефея, составленная проф. С. И. Белявским по наблюдениям проф. С. П. Глазенапа.

и построил новую кривую, выражающую закон изменения блеска этой звезды. Мы приводим здесь построенную им кривую (рис. 21).

На этой кривой по горизонтали отложено время в днях, а по вертикали — блеск звезды в условных единицах (в так называемых степенях). Я обращаю внимание друзей и любителей астрономии на замечательную звезду  $\delta$  Цефея, тем более что для ее наблюдения требуется только бинокль. Всесоюзное астрономо-геодезическое общество обрабатывает подобного рода наблюдения над этой звездой.

Изменение блеска цефеид в настоящее время объясняют периодическими сжатиями и расширениями газовой массы звезды (пульсация). При этом меняется температура ее поверхности, а с ней яркость и цвет — все характерные особенности, свойственные цефеидам. Эта гипотеза довольно хорошо объясняет наблюдаемые факты.

## 5. КАССИОПЕЯ

Созвездие Кассиопеи (рис. 22) лежит в Млечном Пути. Названо оно так по имени легендарной эфиопской царицы Кассиопеи, жены Цефея, славившейся своей красотой.

Главные звезды Кассиопеи  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  и  $\epsilon$ , своим расположением образуют букву W не вполне правильной формы; они резко выделяются на звездном фоне Млечного пути.

В XVI столетии в этом созвездии появилась самая блестящая новая звезда.

Тихо-де-Браге, возвращаясь вечером 11 ноября 1572 г. из своей обсерватории, был поражен видом яркой звезды в созвездии Кассиопеи, бывшем в то время как раз над его головою. Тихо-де-Браге прекрасно знал звездное небо и был уверен, что еще накануне не было этой звезды на небе; он не сомневался, что замеченная им звезда была новая. Не желая, однако, доверять самому себе, он призвал знакомых, останавливал прохожих и спрашивал, видят ли они также новую блестящую звезду. Ничем не отличаясь по внешности от других звезд, она превосходила их по яркости. Тихо-де-Браге, давший нам прекрасное

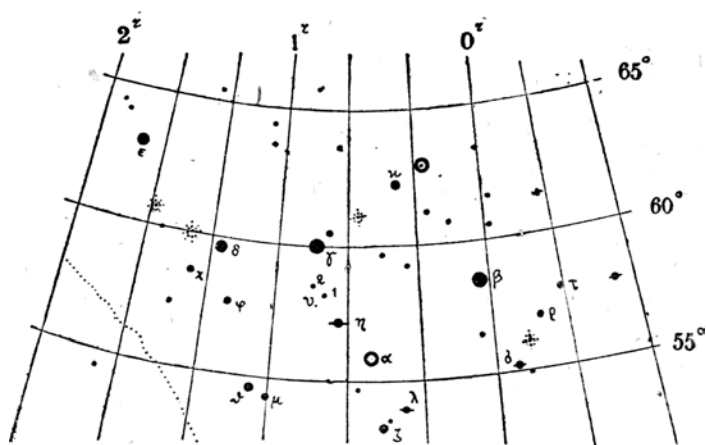


Рис. 22. Карта созвездия Кассиопеи.

описание новой звезды 1572 г., измерил ее расстояние от соседних звезд и убедился, что она неподвижна, как и все звёзды. Она так блистала, что была видна даже днем при полном солнечном сиянии. Своим блеском она превосходила Венеру, не говоря уже об остальных планетах и блестящих звездах северного неба. В конце декабря 1572 г. ее блеск начал уменьшаться; в январе 1573 г. звезда была слабее Юпитера, в апреле она уже стала звездой второй величины, а в марте 1574 г. исчезла, не оставив никакого видимого следа своего существования. Астрономические трубы в то время еще не были изобретены (первая труба была построена в 1609 г.), а потому дальнейшая судьба новой звезды 1572 г. нам неизвестна.

Если мысленно соединить прямыми линиями звезды  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  Кассиопеи и по ним построить параллелограм, то в четвертой вершине его и была Новая звезда 1572 г.; построенная таким образом точка лежит несколько к северо-западу от Кассиопеи. Так как звезда Тихо-де-Браге может еще раз вспыхнуть,

то надо следить за тем местом, где она появилась в 1572 г. Если любители астрономии почаще осматривали бы эту часть неба, то хорошо изучив звезды, здесь лежащие, они смогут первые заметить всякую перемену в блеске звезд, и тогда появление новой звезды не ускользнет от их внимания.

В наше время, около места, указанного наблюдениями Тихо-де-Браге, видна красноватая звездочка четырнадцатой величины. Возможно, что она и является остатками той замечательной звезды, которая столь ярко сияла более трех с половиной столетий тому назад. Среди многих звезд Кассиопеи есть одна слабая пятой величины, обозначенная греческой буквой  $\mu$ ; она лежит к юго-востоку от  $\alpha$ . Астрономам удалось определить расстояние до нее, оно равно 26 световым годам. Главный интерес, представляемый звездой  $\mu$  Кассиопеи, заключается в ее огромной скорости движения. Земля, например, движется со скоростью 29 км в секунду, и мы называем такую скорость большой, потому что с трудом только можем воспроизвести ее в лабораториях, вообще же она для нас недостижима. Рассматриваемая звездочка движется со скоростью 150 км в секунду; она в буквальном смысле слова летит; никакие известные нам звездные массы не в силах ее удерживать. По быстроте своего движения она уступает все же ряду других звезд. На первом месте в этом отношении находится слабая звезда «Вашингтон 5583», летящая со скоростью 596 км в секунду, а на втором месте уже описанная нами выше звездочка седьмой величины в созвездии Большой Медведицы № 1830 Грумбриджа, ее скорость в пространстве 345 км в секунду.

Мы уже имели случай рассмотреть вопрос о звездах, движущихся с большой скоростью. Вникнем в сущность этого явления. Скажем здесь об исследованиях знаменитого американского астронома Симона Ньюкомба; он пытался осветить вопрос по отношению к звезде Грумбриджа № 1830, и не мог дать положительного ответа.

Исходя из закона всемирного тяготения, Ньюкомб вычислил, какова может быть наибольшая скорость движения звезды, тяготеющей ко всем видимым нами звездам.

Число звезд, видимых в сильнейшее телескопы, можно принять по меньшей мере в 80 миллионов; примем, вместе с Ньюкомбом, для отдаленнейших частей небесного пространства еще 20 миллионов, которые, вследствие своей отдаленности от нас, невидимы, так что в общей сложности будет 100 миллионов звезд. Предположим, что эти звезды образуют обособленную звездную систему — Млечный путь. Затем допустим, что каждая из этих звезд имеет в среднем массу, в пять раз большую массы Солнца, и что они распределены в пространстве, поперечник которого свет пробегает в 30 000 лет. В таком случае вычисление показывает, что тело, падающее из беспредельного пространства к Центру системы, под действием тяготения ко всем этим звездам,

приобретает наибольшую скорость в 40 км в секунду. Наоборот, тело, брошенное из центра системы в любом направлении со скоростью более 40 км в секунду, не только пройдет по всей звездной системе, но унесется в бездну навеки, так как силы тяготения ко всем звездам недостаточно, чтобы его удержать. Таков расчет Ньюкомба; по новейшим расчетам достаточно 100 км в секунду, чтобы вылететь из звездной системы Млечного пути, а между тем упомянутые выше звезды имеют скорости в 345 и 596 км. Конечно, они вылетят из Млечного пути; ничто их не удержит, они, очевидно, являются временными гостями нашей системы и через некоторое время исчезнут в необозримой вселенной.

## 6. АНДРОМЕДА

К югу от Кассиопеи лежит обширное созвездие Андромеды (имя дочери Цефея и Кассиопеи). Созвездие легко узнается по трем ярким звездам, расположенным почти по прямой линии; наиболее яркая из них, обозначенная греческой буквой  $\alpha$ , лежит к западу от остальных и составляет верхнюю и вместе с тем восточную вершину большого звездного квадрата, характеризующего созвездие Пегаса. Эта звезда ( $\alpha$  Андромеды) лежит как раз на границе Андромеды и Пегаса;

Лучшее время для изучения созвездия Андромеды — осень и зима; стоит вообще полюбоваться этой частью неба и в особенности огромным туманным пятном, находящимся около звезды  $\gamma$  Андромеды, лежащей несколько к северу и западу от блестящей  $\beta$  Андромеды. Пятно это одно из немногих видимых просто глазом; о нем знали еще до изобретения телескопа; персидский астроном Аль-Зуфи упоминает о нем как о «маленьком облаке». После изобретения телескопа первое наблюдение произведено Симоном Мариусом в 1612 г.; он описывает пятно, как «пламя свечи, наблюдаемое сквозь тонкую роговую пластинку».

Большое туманное пятно Андромеды кажется нам различной величины в зависимости от телескопа, в который пятно рассматривается в обыкновенный телескоп оно имеет в длину  $1\frac{1}{2}$ , а в ширину  $\frac{1}{2}$  градуса; в большой же телескоп оно занимает поверхность в  $4 \times 2\frac{1}{2}$  квадратных градуса. Около него находятся пять небольших туманных пятен, по всей вероятности, связанных с ним физически, и несколько поодаль, к северо-востоку, шестое. В обыкновенные, даже большие, телескопы это пятно кажется сплошным, с более ярким ядром эллиптического вида в середине. Астроном Бонд, хорошо изучивший пятно, открыл в нем пустоты, имеющие вид эллиптических линий; их существование было впоследствии подтверждено фотографией. Профессору Шейнеру в Потсдаме удалось открыть в спектре туманности Андромеды темные спектральные линии, подобные линиям солнечного спектра; тогда стало ясно, что туманность состоит не из газообразного вещества, а из скопления громад-

нейшего числа звезд солнечного типа; перед нами не образующаяся, а вполне законченная великая звездная система. Система так далеко от нас, что мы не можем видеть отдельные звезды: их блеск сливается и производит впечатление непрерывного сплошного сияния.

Только недавно американскому астроному Хейбблу на обсерватории Моунт Вилсон удалось сфотографировать в большой телескоп мириады отдельных звезд, лежащих по краям этого большого туманного пятна Андромеды (рис. 26). Нет никакого сомнения, что все пятно состоит из огромного скопления отдельных звезд, подобно нашему Млечному пути. Слияние изображения отдельных звезд в сплошное световое сияние служит несомненным доказательством того, что туманное пятно отстоит от нас на чрезвычайно большое расстояние. Были сделаны попытки определить это расстояние.

Это удалось на основании следующих соображений. В большой туманности Андромеды наблюдаются меняющие свой блеск, так называемые переменные звезды, принадлежащие к типу цефеид (см. описание созвездия Цефея). Такие цефеиды меняют свой блеск строго периодически, причем из различных исследований американский астроном Шапли установил, что величина периода изменения блеска цефеиды связана с величиной ее истинной (абсолютной) яркости. Каждой определенной абсолютной яркости цефеиды соответствует строго определенная продолжительность периода и обратно. Наблюдая цефеиды, находящиеся в звездной системе туманности Андромеды, мы в состоянии определить и видимый блеск их и продолжительность изменения блеска (период). Сравнивая этот видимый блеск (ослабленный благодаря огромному расстоянию до этих цефеид) с истинным блеском, определяемым по известной его связи с периодом, мы можем вычислить расстояние до цефеиды, так как знаем, что яркость звезд меняется обратно пропорционально квадрату расстояния. Пусть, например, оказалось, что одна из цефеид, наблюдающихся в туманности Андромеды, имеет видимую яркость в 730 000 000 раз меньшую, чем абсолютная яркость, соответствующая длине периода изменения блеска, найденной из наблюдений над этой цефеидой. Так как абсолютной яркостью звезды называется та яркость, которую бы она имела, если бы находилась от нас на расстоянии 32,6 световых лет (10 парсеков), то очевидно, цефеида туманности Андромеды находится от нас дальше расстояния в 32,6 световых года в  $\sqrt{730\,000\,000} = 27\,000$  раз. Подобным образом обнаружилось, что туманность Андромеды отстоит от нас на 870 000 световых лет, так как расстояния друг от друга отдельных звезд в этой звездной системе несравненно меньше расстояния любой из них от Земли. Как видно по современной фотографии (рис. 29) звездная система туманности Андромеды имеет спиральное строение. Размеры ее таковы же, как и размеры, всей нашей звездной системы, заключающей в себе все звезды Млечного

пути. Это — другая великая самостоятельная звездная система.

На фотографиях, сделанных при помощи самых больших теле-



Рис. 23. Фотография туманности Андромеды.

скопов, видно несколько миллионов таких же спиральных туманностей — звездных систем, но все они дальше от нас, чем туманность Андромеды, и потому они кажутся нам меньших угловых размеров и менее яркими. Вся вселенная, насколько в нее про-

никают пока наши телескопы, оказывается, состоит из таких ячеек, из таких гигантских, спиральных звездных систем, из которых каждая заключает миллиарды звезд-солнц, подобных нашему Солнцу.

## 7. ПЕРСЕЙ

В течение трех ночей 9, 10 и 11 августа северо-восточная часть неба привлекает внимание астрономов; по ней пролетают падающие звезды — персеиды, радиант которых лежит в созвездии Персея; это созвездие так же изящно, как и мифологическая фабула греков о герое Персее, освободившем дочь эфиопского царя, красавицу Андромеду, прикованную к морской скале и отданную на съедение Дракону во искупление народного бедствия; а бедствие было послано небом на Эфиопию за то, что ее царица Кассиопея слишком возгордилась красотой своей дочери Андромеды и сравнила ее с богинями, чем, конечно, и вызвала их гнев. Персей, вооруженный мечом, шлемом-невидимкой и смертоносной головой Медузы, отсеченной нарочно для борьбы с Драконом, прилетает к Андромеде в тот самый момент, когда Дракон готов ее поглотить; он наводит на него взор Медузы, и Дракон каменеет; Персей убивает его и спасает Андромеду. Все герои этой легенды перенесены на небо, и в память их названы созвездия: мы видим тут Персея, Андромеду, ее мать Кассиопею, ее отца Цефея и, наконец морское чудовище Дракона. Все эти созвездия составляют лучшую часть нашего северного неба; Цефей, Кассиопея и Персей украшены еще мириадами звезд Млечного пути.

В созвездии Персея, на которое я обращаю внимание интересующихся астрономией, находится любопытная переменная звезда, меняющая свой блеск: это  $\beta$  Персея. Через равные промежутки времени она блекнет, а затем вновь принимает свой первоначальный блеск; потемнение совершается с большой правильностью: через каждые 2 дня 20 час. 48 мин. и 53,4 секунды. Эта звезда известна под арабским названием Альголь, что означает демон. Демону, по мнению арабов, свойственна, двуличность, и название звезды именем демона давало повод предполагать, что арабы знали об изменении ее блеска, хотя никаких наблюдений они нам не оставили. Первое определение переменности блеска Альголя было произведено Монтанари в 1669 г; в настоящее же время изменение его блеска хорошо изучено, и уяснена причина явления.

Удивительная правильность, с какой совершается изменение блеска, невольно наводит на мысль, что причина кроется в затмении более яркой звезды менее яркой звездой-спутником, обращающимся вокруг нее в плоскости, проходящей через глаз наблюдателя (рис. 24, наверху); только при таком предположении можно объяснить явление.



Как только кончилось затмение, нет причины, чтобы звезда блекла, и она неизменно сохраняет свой блеск. до следующего затмения. Пикеринг и Фогель доказали, что вокруг Альголя действительно обращается неяркая звезда-спутник, который при каждом своем обращении становится между нами и Альголем и производит его затмение. Удалось не только доказать справедливость этой гипотезы, но и определить размеры орбиты Альголя и его спутника, размеры звезд, их массы и даже плотность вещества, их составляющего. Мы приводим здесь эти данные, полученные из наблюдений над изменением блеска Альголя и размеров орбиты, по Стеббинсу, полученных с помощью спектральных наблюдений.

Диаметр главной звезды	. 850000 км
„ спутника .....	. 665 000 „
Расстояние между центрами ...	5 180000 „
Масса главной звезды .....	. 4/9 массы Солнца
„ спутника.....	. 2/4 „ „
Средняя плотность главной звезды .	. 0,13 плотности „
„ „ спутника . . . .	. 0,03 „ „

Не надо забывать, что Альголь кажется не только простому глазу, но и в самые сильные телескопы одиночной звездой, между тем самыми простыми наблюдениями, произведенными невооруженным глазом или только с помощью театрального бинокля, доказывается, что Альголь двойная звезда, причем одна из них блестящая, а другая менее яркая. Блестящая звезда называется главной, а более темная — спутником.

Если читатель вдумается в следующие строки, то он убедится, что простых наблюдений над изменением яркости Альголя достаточно для определения орбиты и относительных размеров непосредственно не видимого спутника Альголя.

Прежде всего посмотрим, как можно определить радиус темного спутника относительно радиуса главной звезды. Пусть радиус главной звезды будет  $R$ , а спутника  $r$ .

Количество света, получаемого глазом в то время, когда главная звезда не закрыта спутником, примем за единицу; во время же затмения в наименьшей яркости блеск обозначим буквой  $h$ . Наблюдениями определено, что в это время блеск Альголя  $h = 0,416$ .

Изобразим чертежом положение обеих звезд во время наименьшего блеска. Пусть наружный круг  $A$  (рис. 25) изображает Альголь, внутренний  $T$  — положение спутника. От яркой звезды Альголя получается количество света, пропорциональное площади круга, именно  $\pi R^2$ , а от светлого кольца, не закрытого спутником, которого будем пока считать темным, будет  $\pi R^2 - \pi r^2$ .

Отношение блеска Альголя в минимуме, т. е. в наименьшем блеске, к полному блеску будет

$$\frac{\pi R^2 - \pi r^2}{\pi R^2}$$

или

$$1 - \frac{r^2}{R^2}$$

и это отношение равно блеску Альголя, в минимуме определенное наблюдениями, который мы обозначили буквой  $h$ . Таким образом

$$1 - \frac{r^2}{R^2} = h,$$

откуда

$$\frac{r}{R} = \sqrt{1 - h}.$$

Перед знаком корня мы не ставим двойного знака, а оставляем только один (+), потому что  $r : R$  существенно положительное число.

Из многих наблюдений определено значение, как выше сказано,  $h = 0,416$ . Поэтому мы получаем по приведенной формуле:

$$\frac{r}{R} = \sqrt{1 - 0,416} = \sqrt{0,584},$$

откуда выводим

$$\frac{r}{R} = \sqrt{0,584} = 0,764.$$

Таким образом, радиус темного спутника равен 0,764 радиуса главной звезды Альголя, или в круглых числах  $3/4$ . Мы опре-

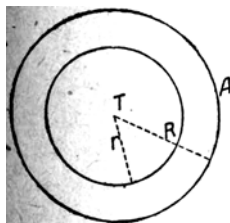


Рис. 25. Спутник на диске Альголя.

делили радиус полутемного, невидимого спутника относительно радиуса яркой звезды.

Это замечательное достижение относится к области астрономии, называемой астрономией невидимого.

Углубляясь в рассмотрение явления, мы можем определить и размеры орбиты темного спутника Альголя.

Совместим мысленно плоскость чертежа с плоскостью орбиты темного спутника (рис. 26).

Пусть в точке  $A$  будет центр Альголя, радиус которого мы назовем, как и прежде, буквой  $R$ , центр темного спутника в точке  $B$ . Положение глаза наблюдателя в  $O$ , на продолжении  $AC$ . Здесь нарисовано два положения темного спутника  $B_1$  и  $B_2$ . Если предположить, что темный спутник движется по ука-

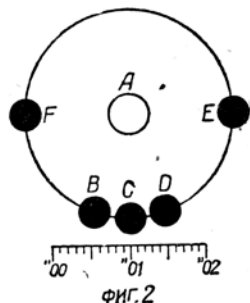
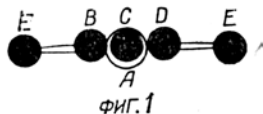


Рис. 24. Перспективное изображение орбиты спутника Альголя (вверху) и план орбиты спутника (внизу).

занию стрелки, то  $B_2$  соответствует положению центра спутника, когда начинается затмение Альголя, а  $B_1$  — когда оно кончается.

Угол при центре Альголя  $A$  назовем  $2\alpha = B_1AB_2$ , расстояние между центрами  $A$  и  $B$  назовем  $D = AB_1 = AB_2$ . Из прямоугольного треугольника  $AB_1C$  имеем

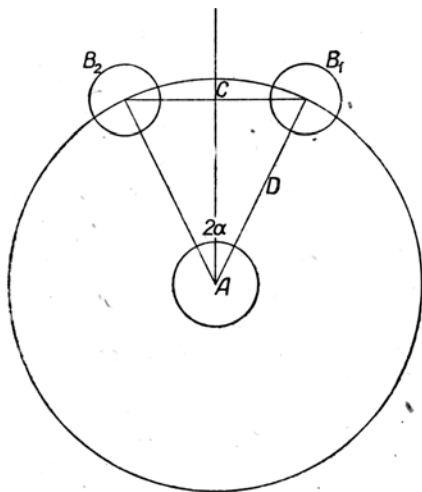


Рис. 26. [К теории Альголя].

$$\frac{CB_1}{AB_1} = \sin \alpha,$$

катет  $CB_1 = B + r$ , поэтому последнее равенство равно

$$\frac{R + r}{D} = \sin \alpha,$$

откуда выводим

$$\frac{D}{R + r} = \frac{1}{\sin \alpha}.$$

или

$$\frac{D}{R} = \left(1 + \frac{r}{R}\right) \frac{1}{\sin \alpha},$$

но мы уже вывели, что  $\frac{r}{R} = 0,764$ ; следовательно,

$$\frac{D}{R} = \frac{1,764}{\sin \alpha}.$$

Угол  $\alpha$  определяется из данных наблюдения следующим образом.

Продолжительность затмения равняется  $9^{\text{ч}}, 8$ ; это то время, в течение которого центр темного спутника переходит из точки  $B_1$  в точку  $B_2$ , описав угол  $2\alpha = B_1AB_2$ , откуда  $\alpha = \frac{1}{2}B_1AB_2$ . Период полного обращения темного спутника происходит в  $2^{\text{д}}, 20^{\text{ч}}, 893$  или в  $68^{\text{ч}}, 893$ .

Из этих данных мы имеем

$$\frac{2\alpha}{360} = \frac{9,8}{68,893},$$

откуда по таблицам логарифмов имеем

$$\log \sin \alpha = 9,1351 \text{ и } \sin \alpha = 0,432;$$

следовательно,

$$\frac{D}{R} = \frac{1,764}{0,432} = 4,081,$$

т. е. расстояние между центрами обеих звезд Альголя равно 4,081 главной звезды. Расстояние же между поверхностями звезд будет всего  $4\,081 - (1 + 0,746) = 4,081 - 1,746 = 2,317$  радиусов главной звезды. Сравните эту систему с нашей Землей и Луной в радиусах Земли и Альголя.

	Земли и Луны	Альголя и спутника
Расстояние между центрами . .	60,3	4,08.
„ „ поверхностями	59,0	2,31

Какое различие! Если бы на Альголе были жители, то темный спутник казался бы им имеющим диаметр в  $30^\circ$ , между тем как наша Луна имеет диаметр всего в полградуса, т. е. в 60 раз меньше.

Все приведенные расчеты произведены для Альголя, отдельные звезды которого для нас совершенно не видны. Это новейшее достижение астрономии.

Если спутник Альголя не темный, а светящийся, как оно и есть в действительности, то при каждом обороте произойдет не одно затмение, а два: одно — главное, когда спутник затмевает главную звезду, и другое, когда главная звезда затмевает спутника. Небольшое ослабление блеска Альголя при этом вторичном затмении очень мало, но заметно при измерении точными инструментами. При почти равной яркости обеих звезд оба затмения были бы почти равновелики, но периоды могли быть неравны. Такую звезду открыл американец Чендлер в 1886 г. Эта звезда лежит в созвездии Лебеда, и он назвал ее  $\Upsilon$ , Лебедя; ее блеск колеблется между 7,1 и 7,7 величины. В хороший светосильный бинокль эта звезда доступна наблюдению. Период, определенный Чендлером, оказался равным 2,996 дня.

Во время затмения яркость должна была быть почти в два раза меньше, чем вне затмения. В действительности так оно и есть: 7,1 и 7,7. Разность блеска равна 0,6. Если отношение блеска звезд двух смежных классов, отличающихся на одну величину, равно 2,5, то отношение блеска соответствующее разности 0,6 звездной величины равняется  $2,5 \times 0,6 = 1,5$ , — то, что и указывается наблюдениями, именно, что в момент затмения яркость уменьшается почти в два раза.

Как для Альголя, так и для  $\Upsilon$  Лебеда удалось определить среднюю плотность звезд системы: она равна 0,17 плотности Солнца.

$\Upsilon$  Лебеда лежит за пределами видимости невооруженному глазу, но в светосильный бинокль она доступна и любителю.

Координаты  $\Upsilon$  Лебеда следующие:

$$\alpha = 20^{\text{h}}48^{\text{m}}.1 \quad \delta = +34^\circ17' (1940).$$

Абсолютные размеры диаметров звезд, составляющих систему Альголя, а также расстояние между звездами, не могут быть выражены из наблюдений любителей астрономии ни в километрах ни в других линейных единицах; они могут быть определены из спектральных наблюдений: массы же звезд, кроме того, — на основании третьего закона движения светил Кеплера, дополненного И. Ньютоном. Что же касается плотностей звезд Альголя, то она определяется простым расчетом, как отношение массы звезды к ее объему.

Заметим, что некоторое различие между результатами наших элементарных вычислений для Альголя и данными Стеббинса, приведенными ранее, заключается в том, что мы не учли того обстоятельства, что спутник не совсем темный, а также несколько светится. Кроме того, Стеббинс принял более точное значение отношения, в котором изменяется блеск Альголя.

Хотя система Альголя хорошо изучена, но наблюдения над изменением его блеска не потеряли значения. Величина периода несколько изменяется, и необходимо определить, насколько она изменяется. Если Альголь состоит только из двух светил, то период должен быть постоянным; в случае же трех светил он может изменяться; поэтому изучение изменений периода может привести к открытию третьего спутника.

В главе о переменных звездах читатель найдет указания, как следует наблюдать Альголя.

В 1901 г. 21 февраля по старому стилю в созвездии Персея заблистала новая звезда, открытая гимназистом 5-й Киевской гимназии Андреем Борисяком (ныне преподавателем по классу виолончели в Московском музыкальном техникуме), а несколькими часами позднее — другим любителем астрономии Андерсоном в Эдинбурге. Новые звезды (см. главу о новых звездах) в большинстве случаев появляются в Млечном Пути; недалеко от Новой Персея, именно в созвездии Кассиопеи, в 1572 г. вспыхнула самая блестящая звезда.

До 24 февраля 1901 г. Новая Персея увеличивалась в своем блеске, а с этого дня начала блекнуть; уменьшение блеска шло очень быстро: в марте она уже была четвертой величины, в апреле — шестой величины и находилась на пределе видимости. В конце 1902 г. она была уже девятой величины.

Борисяк и Андерсон заметили новую звезду 21 февраля 1901 г., когда она уже достигла значительного блеска и бросалась в глаза. Когда же она в действительности вспыхнула? Этот вопрос отчасти разъяснен профессором Э. Пикерингом, директором Гарвардской обсерватории в американском Кембридже. Он обнаружил копии с фотографических снимков той части неба, где появилась новая звезда 21 февраля. Ближайший фотографический снимок до появления звезды был получен 19 февраля, т.е. за два дня до замеченной вспышки, а ближайший после ее появления — 26 февраля. Мы приводим оба снимка на рис. 27.

Налево помещен снимок, полученный 19 февраля, а направо — 26 февраля. На последнем в середине красуется изображение новой звезды в виде большого расплывчатого пятна неясного очертания, а на левом рисунке и следа ее не видно. Самые слабые звезды, изображения которых получены на пластинках, не превосходят звезд одиннадцатой или двенадцатой величины. Следовательно, 9 февраля, тот мир, из которого образовалась новая звезда, не был виден даже на самой чувствительной фотографической пластинке и был, во всяком случае, слабее звезд двенадца-

той величины; через два дня после этого мир вспыхнул, ярко заблистал и своим блеском превзошел звезды первой величины. Мы обратили внимание читателя на то, что на пластинке 26 февраля новая звезда имеет расплывчатый вид с плохо ограниченными краями. С одной стороны это происходит оттого, что пластинка передержана для столь ярких звезд, как Новая Персея, с другой — вследствие значительного увеличения наших рисунков. Первая пластинка (9 февраля) выдержана 66 минут, а вторая — 56. Впоследствии выяснилось, что и до своей вспышки эта звездочка была неоднократно сфотографирована. Она была тогда переменной звездой и менялась в блеске от одиннадцатой до четырнадцатой величины.

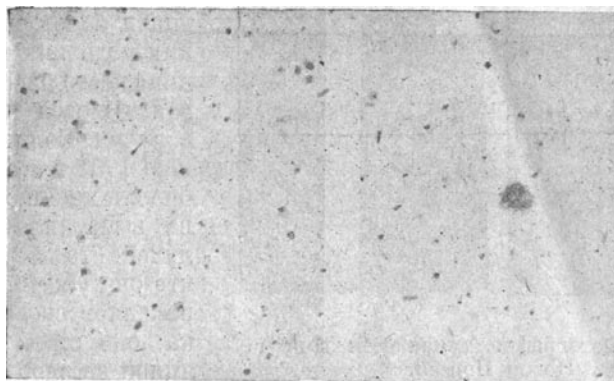


Рис. 27. Фотографический снимок окрестностей Новой Персея; налево 19 февраля, направо — 26 февраля 1901 г.

Когда же загорелась звезда? Вполне определенного ответа на этот вопрос мы не имеем. Одни только можно сказать, что вспышка произошла между 19 и 21 февраля. 21 февраля, в 8 часов вечера по киевскому времени, мир уже блистал настолько ярко, что бросился в глаза молодому Борисяку, а затем и многим другим. Если бы та же часть неба была снята 20 февраля, то решение вопроса было бы более определенное, а если бы фотографирование неба было непрерывное, то решение было бы точное и полное; но для непрерывного фотографирования всего неба пришлось бы иметь на Земле целый ряд таких больших обсерваторий, как Гарвардская.

Приведенные рисунки представляют фотографический документ катастрофической вспышки звезды. 19 февраля звезда была так еще слаба, что ее не было видно, а 21-го она уже ярко сияла. Само собою разумеется, что истинное время начала ее вспышки не 21 февраля, а значительно раньше — на все то время, в течение которого свет пробегает пространство, отделяющее нас от новой звезды, а время для его прохождения может быть не только

несколько лет, но и несколько веков; оно нам неизвестно вполне точно. Попытки определить расстояние, отделяющее нас от Новой Персея, позволяют считать, что оно составляло около 300 световых лет. Но как бы далеко ни лежала эпоха небесного, явления, наблюденного 21 февраля, мы знаем, что оно произошло в весьма короткий промежуток времени, а это обстоятельство должно лечь в основу построения гипотезы о происхождении Новой Персея.

До 24 февраля блеск Новой Персея увеличивался, а затем он начал уменьшаться: звезда стала блекнуть. Блеск, однако, не уменьшался равномерно, а представлял периодические вспышки,

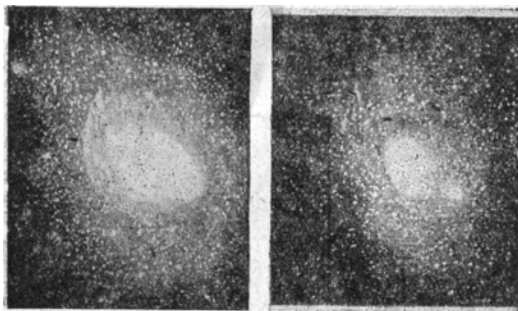


Рис. 28. Фотография туманности вокруг Новой Персея.

сначала через три дня, а затем через четыре дня и более. При таких условиях изменения своего блеска Новая Персея исчезла в лучах Солнца весной 1901 г., а когда она в конце июля снова, выступила из его лучей, то оказалось, что она уже более не изменяет своего блеска: она стала постоянной звездой шестой величины. Впослед-

ствии она поблекла до своей первоначальной яркости, какую она имела до вспышки.

Гейдельбергский астроном Вольф снял фотографию Новой Персея при четырёхчасовой выдержке чувствительной пластинки, и когда он проявил ее, оказалось, что новая звезда окружена световым туманом довольно значительных размеров. Это замечательное открытие было подтверждено, с одной стороны, фотографиями, полученными Перрайном при помощи большого рефлектора Крослея в Ликской обсерватории на горе Гамильтона в Северной Калифорнии, с другой же — фотографиями, полученными астрономом Ричи в Йеркской обсерватории около Чикаго. На всех снимках туманное пятно, окружающее Новую Персея, отпечатывалось весьма отчетливо (рис. 28). Измерения положения отдельных частей туманного пятна или световых сгустков обнаружили замечательное явление: туманное пятно с течением времени увеличивалось, расширялось, в своих размерах; световые узлы или сгустки удалялись от Новой Персея как от центра. Если определить скорость их движения и вычислить, когда они были около самой Новой Персея, то оказывается, во-первых, что все узлы вышли из Новой Персея, во-вторых, что все они одновременно вышли из нее, и притом 20 февраля. Это

замечательное открытие дало возможность построить следующую блестящую гипотезу о причине вспышки Новой Персея. Невидимое для нас светило влетело в невидимое же для нас туманное пятно; значительная скорость вызвала сильное сопротивление движению, в результате которого засветилось газообразное вещество, ярче заблистало самое светило, хотя и не надолго: и то и другое заблистало и стало видимым.

Если эта гипотеза верна, то остается непонятным одно обстоятельство: почему световые узлы удалялись от Новой Персея? Определив скорость их движения, натолкнулись на новое непостижимое явление: узлы удалялись от звезды со скоростью света, т. е. по 300 000 км в секунду! Очевидно, в туманном пятне произошло движение света, а не вещества. Ничего подобного ранее или позднее не наблюдалось и нигде не замечалось.

Звезда влетела в туманное вещество, вспыхнула, и излученная ею волна яркого света стала распространяться в туманности, она засветилась, заблистала ярким светом, в то время как самая звезда стала блекнуть. В этом состоит, по-видимому, разъяснение загадки туманности вокруг Новой Персея. Но ведь и со звездой должно было произойти при этом нечто необычайное. В главе о новых звездах мы увидим, каковы современные взгляды на явления новых звезд.

## 8. ТЕЛЕЦ

В осенние вечера на востоке восходит обширное и богатое звездами созвездие Тельца, оно лежит к югу от Персея и Возничего; в его середине красуется звезда первой величины — блестящий Альдебран; это  $\alpha$  Тельца, красная звезда, которая в 110 раз ярче Солнца и в 30 раз больше его по диаметру; около него, с западной стороны теснятся многие мелкие звезды, образующие группу «Гиад», а далее к северо-западу находится еще более красивая звездная группа — «Плеяды», на которую мы обратим особенное внимание читателя.

Плеяды представляют замечательное скопление звезд. Нормальный глаз различает в нем шесть звезд, а отменные, более зоркие глаза — от семи до двенадцати, в зависимости от зоркости глаза. Для близоруких Плеяды кажутся светлым пятном, и те из них, которые не знают созвездий, весьма часто принимают Плеяды за туманное пятно или за комету.

Своим внешним видом Плеяды так резко отличаются от других светил, что у всех народов на них обращалась особенное внимание. В Восточной Сибири в глухую осень и зимою путник, застигнутый ночью, руководствуется «утиным гнездом»; это Плеяды, служащие ему путеводной звездой. В европейской части СССР они называются «решеткой», Стожарами или Волосожаром. Австралийские негры танцевали в честь этих «семи звезд» в ту ночь, когда Плеяды проходят через меридиан в полночь; они



полагают, что Плеяды покровительствуют чернокожим. Событие это происходит ежегодно 20 ноября.

Так было в древности. В настоящее же время Плеяды составляют предмет всестороннего научного исследования; пришла, на помощь и фотография, открывшая много замечательного относящегося к строению этой удивительной звездной системы. Суеверия и поверья о влиянии Плеяд на жизнь людей сменились точными наблюдениями.

В бинокль Плеяды очень красивы; в него видно значительно больше звезд, чем невооруженным глазом. Центральная и вместе с тем самая яркая звезда называется Альционой; на картах она обозначена греческой буквой  $\eta$ . Если наблюдать ее в телескоп, то возле нее заметны три звездочки, составляющие почти равносторонний треугольник. Возьмем опять бинокль и станем рассматривать Плеяды. Слева от Альционы — две яркие звезды: внизу — Атлас, а повыше — Плейоне; направо, начиная сверху, расположены: Астеропа, Тайгета, Майя, Электра и Меропа.

Рассматривая Плеяды в астрономическую трубу, удивляешься числу звезд, находящихся в группе. Просто глазом видно шесть или семь плеяд; Галилей в свой телескоп видел 36 звезд; Кеплер — всего только 32; Де-ла-Гир — 64; в маленькую трубочку, объектив которой имеет всего только два дюйма в диаметре, видно, по свидетельству Роберта Хука (1664 г.), 78 плеяд. Через сто лет, именно в 1767 г., в более совершенную трубу Митчель сосчитал более тысячи плеяд, а еще через сто лет с небольшим братья Анри (Henry) в Париже сняли фотографию Плеяд и на площади в  $2\frac{1}{4}$  градуса длины и  $1\frac{1}{2}$  градуса ширины могли сосчитать 2326 звезд; из них самые слабые принадлежат к шестнадцатой звездной величине. Любуясь Плеядами, невольно задаешь себе вопрос, представляли ли эта группа случайное, так сказать, перспективное собрание звезд, или же действительное, причем расстояния между звездами группы значительно меньше, чем всей группы от других звезд, не входящих в ее состав? На первый взгляд вопрос этот кажется неразрешимым; однако он разрешен самым положительным образом в том смысле, что Плеяды представляют совершенно обособленную группу звезд, связанных между собой общим происхождением, общим движением в небесном пространстве и взаимным тяготением.

Простой осмотр Плеяд в бинокль приводит к убеждению, что они сгруппировались в столь тесную группу не случайно, и наука обладает несколькими доказательствами этого, — разбором их мы здесь и займемся.

Доказательства могут быть получены, с одной стороны, изучением движения Плеяд, с другой же — изучением их строения.

Первое точное измерение относительного положения звезд Плеяд произведено знаменитым кенигсбергским астрономом Бесселем. В течение 12 лет, с 1829 по 1841 г., он измерял положение

52 звезд группы относительно главной звезды Альционы и, таким образом, определил вид группы для средней эпохи между 1829 и 1841 гг. Второе подобное же определение произведено помощью фотографии американцем Рутерфордом; по этой фотографии проф. Гульд (из американского Кембриджа) вычислял относительное положение тех звезд, которые были предметом наблюдений Бесселя. Пользуюсь случаем, чтобы обратить внимание читателя на услугу фотографии в измерительной астрономии: что Бессель мог сделать, прилагая много старания и труда,

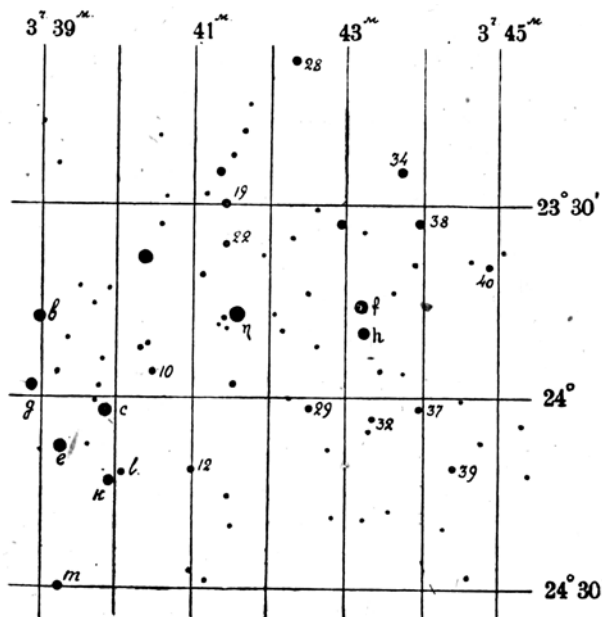


Рис. 29. Карта Плеяд.

в течение 12 лет, то сделано фотографией в одну ночь с последующим измерением ее в течение нескольких месяцев.

После Рутерфорда ту же работу повторили многие астрономы. Из сравнения всех этих наблюдений оказалось, что из упомянутых звезд восемь звездочек группы, ей не принадлежат, а случайно расположены в том же месте; из них шесть лежат далеко за Плеядами, а две — перед ними. Так как все звезды, кроме собственного движения, имеют видимое перемещение в зависимости от движения Солнца в небесном пространстве, и это перемещение, направленное в сторону, обратную движению Солнца, тем больше, чем ближе к Солнцу наблюдаемая звезда, и тем меньше, чем она дальше, то со временем звездочки, лежащие перед Плеядами, отстанут от них, а лежащие за ними убегут вперед. Первые ближе к Солнцу по крайней мере на одну треть

расстояния Плеяд от Солнца. Сами Плеяды отстоят от Солнца на 300 световых лет.

Каким образом узнали, что эти восемь звезд не принадлежат к рассматриваемой группе? Узнали это следующим образом; у всех звезд группы Плеяд одно и то же собственное движение, а у упомянутых восьми звездочек оно совершенно другое. Все, Плеяды участвуют в общем движении, все Плеяды обладают общим движением, все они с одинаковой скоростью несутся в безграничной вселенной, а восемь звездочек имеют каждая особенное собственное движение; очевидно, они не принадлежат к группе, а представляют независимые от нее светила.

В знаменитой Гарвардской обсерватории были исследованы спектры 40 наиболее ярких звезд, и оказалось, что у 38 из них совершенно одинаковый спектр, а у двух — другой; когда же определили положение последних, то оказалось, что это именно те звезды, которые лежат перед Плеядами и которые имеют особенное собственное движение. Таким образом, спектроскоп подтвердил то, что открыто точными измерениями.

Очевидно, Плеяды возникли из одного и того же вещества, бывшего первоначально в бесформенном, хаотическом состоянии; вероятно, существовала прежде туманность, из которой сгустились, одновременно или последовательно, видимые в настоящее время Плеяды. Все факты, полученные наблюдениями, как-то: общность движений, общность спектров, — все это возможно только в том случае, если Плеяды образовались из одного и того же вещества и если при возникновении их были одни и те же условия. Мы не сомневаемся, что эти условия были при образовании Плеяд; вообще все известные нам факты приводят к заключению, что Плеяды представляют собою обособленную звездную систему в небесном пространстве.

Полубуйтесь в бинокль на прелестную группу Плеяд; похожему, в бинокль она красивее, чем в телескоп. В бинокль можно видеть сразу всю группу, тогда как в телескоп видна только часть ее; мало того, чем больше увеличение трубы, тем меньшую часть Плеяд можно сразу наблюдать, а при этом исчезает вся их красота. В бинокль особенно резко бросается в глаза обособленность Плеяд. Из предыдущего мы знаем, что Плеяды действительно представляют обособленную звездную систему — звездный оазис среди безбрежного пространства. Мы указали на общность их движения, на общность их спектров: все это служит неопровержимым доказательством их общего происхождения. Мы укажем еще на одно интересное явление, — на туманное вещество, окутывающее всю группу Плеяд. Первый след туманного вещества в Плеядах был открыт Темпелем в Венеции 19 октября 1859 г.; по его описанию, оно занимало пространство длиной в 35, а шириной в 20 минут дуги. По слабости своей оно не могло быть видимо другими астрономами, не имевшими возможности наблюдать его под столь дивным небом, каким является небо

Венеции, вследствие этого открытие Темпеля не признавалось; оно даже оспаривалось. Туманное пятно Темпеля заключало в себе одну из ярких Плеяд, именно Меропу. Так как Темпель настаивал на реальности своего открытия, то пришлось его проверить. Гольшмидт и Вольф в Париже, Сирль в американском Кембридже, Скиапарелли в Милане, наконец американец Максвелль Холь и англичанин Коммон убедились в существовании пятна около Меропы и открыли еще туманное вещество около Альционы и других блестящих Плеяд. Таким образом существование туманного пятна Темпеля подтвердилось: оно несомненно существует, но вид его не мог быть точно определен, и зависело это от слабости света пятна и от некоторых особенностей зрения наблюдателя при рассматривании им слабых светил, особенностей, выражающихся в том, что глаз одного человека видит больше, другого — меньше.

Вопрос о распространении туманности Плеяд оставался бы и до настоящего времени не вполне решенным, если бы на помощь наблюдениям не явилась небесная фотография. В декабре 1885 г. братья Анри в Париже сняли фотографию Плеяд, выдержав две весьма чувствительные пластинки по три часа каждую; на пластинках вполне ясно вырисовывалось туманное пятно Темпеля и, кроме того, обнаружено новое — около Майи. Таким образом, открытие Темпеля подтверждено вполне объективным глазом фотографии. Что касается нового пятна, открытого Анри около Майи, то оно небольшое. Исходя от Майи, оно направляется сначала к югу, затем повертывается обратно переходит за Майю и исчезает в небесном пространстве. Через два месяца после этого открытия пятнышко Майи было наблюдаемо в Пулковке большим 30-дюймовым рефрактором. Позднейшие фотографические снимки, полученные в более сильные телескопы, показали, что вся западная часть Плеяд окутана туманным веществом и что главные сгущения вещества находятся около ярких Плеяд, а именно: около Альционы, Меропы, Майи и Электры; в более слабой степени оно распространяется и на Целену и Тайгету (рис. 30). Новейшие фотографии, полученные Вольфом и Барнардом, еще более расширили пределы туманности Плеяд.

Будет ли, обоснованным предположение, что между туманностью и Плеядами существует тесная связь? Недавно удалось доказать, что описанные выше туманности светят светом, отраженным от ярких звезд в Плеядах и состоят, вероятно, из облаков мелкой космической пыли.

Любуясь Плеядами, невольно задаешь себе вопрос: как велика эта звездная система и как велики звезды, ее составляющие?

К оценке расстояния до Плеяд можно подойти иначе. Мы знаем, что Солнце со всеми своими планетами несется в небесном пространстве по направлению к точке, лежащей в созвездии Лиры. Вследствие этого движения мы в каждое мгновение усматриваем Плеяды с другой точки пространства и проектируем их в различные

точки небесной сферы; они кажутся нам движущимися. Чем больше скорость движения Солнца, тем больше будет нам казаться перемещение Плеяд; зная же это перемещение и зная также скорость движения Солнца, мы можем определить расстояние до Плеяд. Расчет сделан, и оказалось, что Плеяды лежат от нас в расстоянии 300 световых лет. Определив, или, лучше сказать, оценив это расстояние, мы приходим к следующему выводу об истинной яркости Плеяд и о размерах системы.

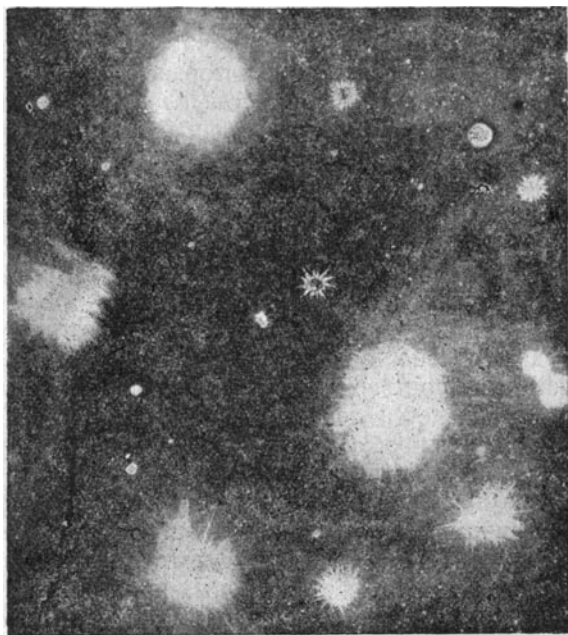


Рис. 30. Туманность вокруг Плеяд.

Если бы расстояние до Плеяд было известно, то их истинные размеры сейчас бы и определились.

Определение расстояний до звезд составляет одну из замечательных, но труднейших задач современной наблюдательной астрономии.

В семнадцатом столетии и во времена Ньютона ничего еще не знали о расстоянии до звезд. Только в первой половине девятнадцатого столетия удалось определить расстояние до  $\alpha$  Центавра и 61-й Лебеда. Определение это было торжеством наблюдательной астрономии; оно покоилось в общем на тех же началах, которым пользуются землемеры для определения расстояния до недоступного предмета на земле. Как известно, в этом случае выбирают две точки, расстояние между которыми точно измеряют и которое называется основанием (базой); с его концов

угломерным прибором измеряют углы, составляемые лучами зрения, направленными к недоступному предмету и к другому концу основания. Таким образом, получается треугольник, в котором известны основание и два прилежащих к нему угла. Треугольник решается по правилам тригонометрии.

Этот способ определения расстояния называется тригонометрическим.

Теоретически тригонометрический способ безупречен, но, приложенный к звездам, он представляет большие затруднения, так как лучи зрения, идущие от недоступной звезды к концам избранного основания, составляют такой маленький угол, что он поддается измерению только в очень небольшом числе случаев, — именно, только для ближайших к нам звезд. Основание, избираемое на земной поверхности, не годится для этой цели: оно слишком мало. Для этой цели избирают две противоположные точки земной орбиты, где Земля бывает через полгода; оно несомненно громадное: оно равно двум радиусам земной орбиты, или 299 млн. км, и все-таки в сравнении с расстоянием даже до ближайшей звезды образуется при ней маленький угол, всего в  $1\frac{1}{2}$  секунды, который только для немногих звезд может быть измеряем, а для всех остальных звезд он недоступен. Вследствие этого тригонометрическим способом можно измерить расстояние до очень ограниченного числа звезд.

Угол, образуемый линиями, идущими от звезды к Земле и к Солнцу, называется параллаксом. Чем больше параллакс, тем ближе к нам звезды; чем он меньше, тем звезда дальше от нас.

Расстояние, соответствующее параллаксу в 1 секунду, называется «парсеком» (сокращение слов параллакс—секунда); свет проходит такое расстояние в  $3\frac{1}{2}$  года. Трудно себе представить наглядно такое расстояние, если вспомнить, что в одну секунду времени свет проходит 300 000 км. Ближайшие к нам звезды лежат дальше расстояния, определяемого одним парсеком.

Пришлось разыскивать другие способы, которые давали бы возможность определять расстояния до более отдаленных светил. Такие способы открыты астрономами. Читатель найдет описание одного из них в очерке о созвездии Андромеды.

Если бы мы могли каким-нибудь чудом поместить наше Солнце среди Плеяд, то оно казалось бы нам звездой десятой величины; оно затерялось бы среди Плеяд, и его пришлось бы разыскивать довольно сильным телескопом. Сравнивая блеск Плеяд с блеском Солнца, мы встречаемся с поражающими числами: Альциона оказывается в несколько тысяч раз ярче Солнца. Десятки Плеяд ярче Солнца. Даже Сириус, перед которым меркнет Солнце, занял бы далеко не первое место среди блистательных Плеяд. Не менее величественны размеры всей системы. От одного края Плеяд до другого свет проходит в тридцать лет. Если бы Плеяды обращались вокруг Альционы, как планеты вокруг Солнца, то лежащие на краю описывали бы полные обороты в миллиарды

лет. Перед величием Плеяд бледнеет наше Солнце, своим воображением мы не в силах представить себе эту неимоверную систему. Великая система Плеяд с многочисленными светилами и разнообразными явлениями будет всегда служить предметом изучения астрономов. Как показывают современные исследования, в нашей звездной системе много звездных куч, во всех отношениях похожих на Плеяды и даже превосходящих их по числу звезд и по размерам.

К западу от Альдебарана лежит звезда  $\lambda$  Тельца, она переменная и принадлежит к звездам типа Алголя. Она уменьшается в блеске каждые 3,95 дня с такой же правильностью, с какой происходит уменьшение блеска Алголя.

## 9. БЛИЗНЕЦЫ

Близнецы расположены на эклиптике и принадлежат к числу двенадцати зодиакальных созвездий. Летом они утопают в солнечных лучах, а зимой красуются высоко над нашим горизонтом. Две блестящие звезды, обозначенные греческими буквами  $\alpha$  и  $\beta$ , резко выделяются среди слабых звезд всего созвездия; их неизменная близость невольно вызывала в древности сравнение с неизменной дружбой легендарных Диоскуров — Кастора и Поллукса, близнецов по рождению; в память о них созвездие и названо Близнецами, оно называлось также «Диоскурами». Одна из ярких звезд, именно  $\alpha$  Близнецов названа Кастором, а другая  $\beta$  — Поллуксом. Быть может, в древности Кастор был ярче Поллукса, иначе трудно бы объяснить, почему он назван первой буквой алфавита —  $\alpha$ ; в настоящее же время Поллукс ярче Кастора на  $3\frac{1}{2}$  десятичные звездной величины.

Во всем созвездии 60 звезд доступны обыкновенному зрению. Наиболее замечательная из всех звезд созвездия — это, несомненно, Кастор. В телескоп средних размеров легко заметить, что Кастор не одинокая звезда, а двойная: она состоит из двух ярких светил, отделенных расстоянием в 5 секунд. Двойственность звезд открыта Паундом в 1718 г., а первое точное измерение относительного положения двух звездочек Кастора произведено Бадлеем в начале восемнадцатого столетия. С тех пор одна звезда описала вокруг другой угол в  $130^\circ$ , двигаясь по дуге весьма красивого эллипса. По новейшим расчетам, весь эллипс описывается приблизительно в 306 лет.

Особенно красив Кастор в более сильный телескоп с объективом не менее шестнадцати см: отчетливо видны два солнца, взаимно тяготеющие одно к другому как Земля и Солнце, с той громадной разницей, что оба самосветящиеся и почти равного блеска, между тем как Земля — тело темное. Расстояние между обеими звездами Кастора в несколько десятков раз больше расстояния от Земли до Солнца. Размеры системы Кастора превосходят размеры всей солнечной системы, тем более, что

к ней принадлежит еще слабая звездочка  $9\frac{1}{2}$  величины, по-видимому, обращающаяся вокруг двух главных звезд на еще большем расстоянии.

В 1897 г. покойный А. А. Белопольский в Пулкове, фотографируя спектр Кастора, открыл периодическое смещение линий спектра его спутника. Замеченные изменения можно объяснить только тем, что звезда не простая, а двойная; мы видим, однако, ее как одинокую, потому что составляющие ее миры находятся так близко один от другого, и так далеко от нас, что мы их не можем раздвоить в телескоп. Период обращения этой невидимой для нас звезды равен 2,9 дня. Две другие звезды оказались впоследствии, по спектральным наблюдениям, также двойными. Итак, Кастор, кажущийся нам при наблюдении простым глазом одинокой звездой, состоит по крайней мере из шести звезд; две из них, каждая—тесная двойная, видны в телескоп умеренной силы. Это открытие позволяет нам допустить предположение, что вокруг звезд Кастора могут обращаться и другие, еще не открытые спутники.

Если вокруг нашего одинокого Солнца обращается целый сонм планет, то можно ли предположить, чтобы вокруг Кастора, состоящего из шести солнц, размеры которых превосходят размеры нашего Солнца, не обращалось много темных, невидимых для нас планет? Можно ли надеяться, чтобы когда-нибудь удалось астрономам увидеть их или даже узнать об их существовании?

Другая звезда Близнецов, менее яркая, обозначенная греческой буквой  $\zeta$  и лежащая к западу от Кастора и Поллукса, переменная: она правильно-периодически изменяет свой блеск в 10 д. 3 ч. 43 мин. и принадлежит к цефеидам. Блеск  $\zeta$  Близнецов изменяется между пределами 3,7 и 4,1 величины; звезда очень удобна для наблюдений обыкновенным театральным биноклем. Для определения ее блеска необходимо выбрать поблизости несколько звезд, отличающихся постоянством блеска, и сравнивать с ними блеск  $\zeta$  Близнецов. Сравнения подобного рода вполне доступны любителям астрономии.

Мы обратим еще внимание на мало переменную полуправильную звезду  $\eta$  Близнецов; период изменения ее блеска 235 дней; она также доступна любителям астрономии, желающим ограничиться наблюдениями в бинокль. Для наблюдателей, владеющих астрономической трубой, созвездие Близнецов представляет много интересного, трудно поддающегося хорошему описанию. Даже в самую незначительную трубу очаровывает наблюдателя тесная группа звезд, лежащая несколько к западу и югу от  $\zeta$  Близнецов. Английский астроном Лассель называет эту группу звезд необыкновенно красивым объектом, которым всегда любуешься с восторгом. Множество мелких звезд девятой величины наполняют поле зрения трубы и пробуждают сознание величия вселенной.



В 1912 г. в созвездии Близнецов вспыхнула Новая звезда  $3\frac{1}{2}$  величины, открытая норвежским любителем астрономии Сигурдом Энебо (Эйнбу). Как и все «Новые» она довольно быстро погасла в своем блеске и в настоящее время мерцает нам из глубин пространства как слабенькая звездочка  $14\frac{1}{2}$  величины.

## 10. ОРИОН

Орион — краса зимнего неба. С наступлением вечера южная часть неба украшена тремя блестящими звездами составляющими «пояс Ориона»; эти звезды обозначены греческими буквами  $\zeta$ ,  $\epsilon$  и  $\delta$ , над ними блещут Бетельгейзе ( $\alpha$ ) и Беллатрикс ( $\gamma$ ), а под ними Ригель ( $\beta$ ) и менее яркая звезда  $\kappa$ . Блестящая звезда Бетельгейзе красного цвета. Это поразительная звезда-гигант, наибольшая из известных нам. Ее поперечник в 358 раз больше солнечного; следовательно, внутри этой гигантской звезды могли бы поместиться не только Солнце, но и орбиты всех планет вокруг Солнца от Меркурия до Марса включительно. Внутри нее можно было бы запрятать добрую часть всей нашей солнечной системы. Чудовищные размеры Бетельгейзе не являются результатом одних лишь вычислений. Это была первая звезда, размеры которой удалось измерить, так сказать, почти непосредственно. В 1920 г. для измерения диаметров звезд, по идее знаменитого физика Майкельсона, на американской обсерватории Моунт Вилсон к огромному телескопу с зеркалом  $2\frac{1}{2}$  м в поперечнике был приделан особый прибор, т. н. интерферометр. Здесь было бы затруднительно описывать принцип действия этого прибора, состоящего из стальной фермы, укрепленной на конце телескопа, по которой может перемещаться система из 4 плоских зеркал. Отметим лишь, что результаты таких измерений наиболее гигантских звезд оказались в полном согласии с результатами теоретически вычисленных диаметров. Подобным же образом были измерены диаметры гигантских красных звезд — Альдебарана, Арктура, Антареса и некоторых других. Созвездие Ориона очень обширное, оно охватывает экватор, переходя в северном полушарии 20-й градус параллели, а в южном—10-й, усеяно массой слабых звезд; среди последних первое место занимают три звезды, расположенные вертикально и образующие собою «меч Ориона», это звезды C,

$\theta$ ,  $\iota$ . В простой бинокль можно заметить, что они окутаны световым туманом; здесь около звезды  $\theta$ , расположено знаменитое туманное пятно Ориона. По красоте и величине с ним может сравниться только большое туманное пятно Андромеды; все же остальные значительно меньше как по видимой величине, так и по блеску. В первый раз туманное пятно Ориона описано Гюйгенсом в 1656 г. и с тех пор в течение трех столетий оно составляет предмет тщательных наблюдений астрономов. Рисунки, измерения и, наконец, фотография и спектральный анализ —

все эти приемы были применены к изучению большого туманного пятна Ориона.

В середине туманного пятна находится звезда  $\theta$  Ориона; в самую незначительную астрономическую трубу она разлагается на четыре звездочки, составляющие характерную фигуру трапеции, вследствие чего она часто называется просто «трапецией Ориона». Среди звезд трапеции были открыты другие мелкие звезды, но они доступны только в самые сильные телескопы. Рассмотрение большого туманного пятна Ориона представляет величайшее удовольствие: по-видимому, здесь мы имеем перед собой первообраз небесных миров, первичное их состояние. Светящееся вещество, занимающее пространство в 17 раз большее видимого диска Луны, представляет собой действительно газообразную массу.

Еще б. директор Потсдамской обсерватории профессор Г. Фогель определил скорость движения туманного пятна Ориона по направлению луча зрения. Фотографии спектра этой туманности, полученные в 1890 и 1891 гг., указывают на движение великого туманного пятна от нас со скоростью 17,7 км в секунду. Этот мир от нас удаляется; с течением времени он поблекнет и уменьшится в своих видимых размерах; поэтому современные астрономы должны приложить все свои старания и все свое умение к самому тщательному изучению его природы. Астрономы и не покладают рук: каждую зиму, когда над горизонтом красуется созвездие Ориона, они изучают его всеми имеющимися в их распоряжении средствами.

Многие астрономы трудились над изучением туманного пятна Ориона; мы имеем классические труды Мессье, Гершелей — отца и сына, Струве, Ляпунова, Бонда, Росса, Д-Аррэ, Гольдена и других. С удивительным старанием воспроизводили они на бумаге все подробности туманного пятна, которые им удавалось наблюдать и измерить. Но на смену им пришла фотография, которая в мастерских руках И. Робертса и Барнарда безошибочно изобразила малейшие подробности этой великой системы небесных миров. На фотографиях ясно обнаруживается удивительное строение туманного пятна (рис. 31).

Недавно установлено, что туманность Ориона и другие газовые туманности светятся под действием находящихся в них белых, горячих звезд с температурой не ниже 20 000°. Свечение туманностей совершенно особого рода, это не, обыкновенное отражение света мелкой пылью, из которой состоят некоторые другие туманности.

Спектр этой туманности, как и многих других менее ярких туманностей, называемых газовыми галактическими туманностями, состоит из ярких линий на темном фоне, среди которых выделяются по своей яркости две зеленые линии. Долго не знали какому веществу принадлежат эти и некоторые другие линии, так как в спектрах земных веществ они никогда не наблюдались.

Лишь в 1928 г. американский физик Боуэн установил, что эти линии спектра вызваны свечением водорода, гелия, кислорода, азота и других газов, находящихся в состоянии такого чудовищного разрежения, которое мы на земле создать не можем.

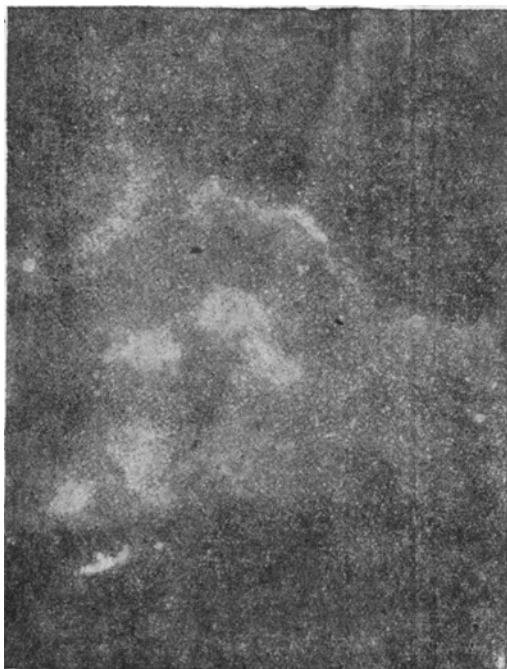


Рис. 31 Фотография созвездия Ориона

Действительно, оказывается, что обычный атмосферный воздух в миллион миллионов миллионов ( $10^{18}$ ) раз плотнее, чем эти газы.

Туманное пятно Ориона находится очень далеко от нас, и расстояние до него могло быть определено лишь приблизительно, а потому мы не имеем точного понятия об истинных его размерах. Можно предполагать, что они во много тысяч раз превосходят размеры нашей солнечной системы. Какой происходит там порядок образования миров, мы еще не знаем: как прошлое, так и будущее этой гуманности пока еще сокрыто от нас. О поразительных новей-

ших открытиях в области изучения туманностей читатели могут найти в книге-монографии проф. Б. А. Воронцова-Вельяминова «Новые звезды и галактические туманности».

## 11. БОЛЬШОЙ ПЕС

К юго-востоку от Ориона лежит небольшое сравнительно созвездие Большого Пса; оно выдается своей блестящей звездой — Сириусом или  $\alpha$  Большого Пса; это самая яркая звезда всего неба. Некоторые авторы древности приписывали Сириусу красный цвет, но в настоящее время он голубовато-белый. Современные взгляды на эволюцию звезд заставляют считать такое изменение цвета на протяжении сравнительно небольшого промежутка времени очень мало вероятным; надо думать, что цвет Сириуса был и 2000 лет назад такой же, как ныне. Разгадку вопроса приходится искать, по-видимому, в «поэти-

ческой вольности» или некомпетентности тех немногих авторов, у которых встречается указание на красный цвет Сириуса.

Сириус играл когда-то большую роль в древнем Египте, где за ним постоянно следили, так как его первый восход в лучах утренней зари являлся вестником близости разлития Нила.

Эта звезда служит предметом постоянных наблюдений и тщательных исследований и для современных астрономов. Сириус является одной из наилучше изученных и самых замечательных звезд неба. Начать с того, что он один из ближайших соседей Солнца в мировом пространстве: лишь 9 световых лет отделяют его от нашей системы, и только 4 Звезды лежат к нам еще ближе. Он имеет значительное собственное движение (около  $1",3$  в год) и удаляется от солнечной системы со скоростью  $8$  км в секунду.

Собственное движение Сириуса имеет, однако, особенности, которые были исследованы в 1844 г. знаменитым кенигсбергским астрономом Бесселем. Он показал, что Сириус движется не прямолинейно, а описывает волнистую линию с периодом около 50 лет. Как мы уже знаем из главы о всемирном тяготении, Бессель объяснил это тем, что около Сириуса имеется невидимый для нас спутник, обращающийся около него в 50 лет и своим притяжением заставляющий и самого Сириуса колебаться около их общего центра тяжести.

31 января 1862 г. знаменитый мастер оптик Альван Кларк в Кембридже (США) производил испытание только что оконченного им 18-дюймового объектива и, направив трубу на Сириус, сразу же заметил около него слабую звездочку, которая оказалась предсказанным 17 лет назад спутником. Это было одним из самых блестящих триумфов астрономической теории.

Впоследствии спутника Сириуса наблюдали многие астрономы, измерявшие его положения в течение обращения вокруг главной звезды. С 1862 г. он описал уже приблизительно полтора оборота. При наибольшем удалении от Сириуса— $11''$  — спутник может быть виден даже в трубы сравнительно малых размеров, при приближении же к нему он лет на шесть становится недоступен для самых могущественных телескопов, теряясь в сверкающем сиянии главной звезды. Среднее расстояние спутника от Сириуса равно  $7",6$ , что соответствует приблизительно 20 радиусам земной орбиты и несколько более расстояния Урана от Солнца.

Тщательные и разносторонние исследования двойной системы Сириуса показали, что в спутнике Сириуса мы имеем исключительно интересный объект с точки зрения его физических свойств. Масса всей системы Сириуса равна  $3,4$  массы Солнца, причем сам Сириус имеет массу равную  $2,4$  солнечной, а масса спутника приблизительно равна солнечной. Наряду с такой незначительной разницей масс поражает громадная разница в их яркостях: спутник на 10 звездных величин слабее, что со-

ставляет лишь 1/10000 яркости Сириуса. Чем объяснить такую разницу в блеске? Можно было бы думать, что спутник является темным, погасшим светилом, лишь отражающим свет Сириуса подобно гигантской планете. Но спектральные исследования, произведенные Адамсом в обсерватории на горе Вилсон (в Калифорнии) в 1914 г., показали, что спектр спутника заметно отличается от спектра самого Сириуса и что в спутнике мы имеем дело с самосветящейся звездой, несколько более желтоватого цвета, чем Сириус. Яркость раскаленной поверхности такой звезды должна быть очень велика, почти такая же, как у самого Сириуса, и слабость блеска спутника можно объяснить только малым размером его. Вычисление показывает, что спутник должен иметь радиус в 20 000 км, т. е. всего в 3 раза больше радиуса Земли. Для звезды такие размеры представляются исключительно малыми, это поистине звезда-карлик.

Особенно поражают эти размеры, если мы вспомним, что масса спутника равна солнечной. Отсюда приходится заключить, что плотность материи спутника чрезвычайно велика, приблизительно в 40 000 раз более плотности воды. Один кубический сантиметр такого вещества весил бы 50 кг, а в спичечной коробке мы могли бы поместить целую тонну его. На Земле мы не имеем ничего подобного таким плотностям, и полученный результат может показаться абсурдным. Но учение об атоме современной физики позволяет найти объяснение таким плотностям. Во внутренности горячей звезды при температуре во много миллионов градусов атомы материи сильно ионизируются, т. е. теряют почти все свои электроны; от них остаются лишь ядра, занимающие ничтожно малое пространство по сравнению с целым атомом. Такие ядра могут очень близко подойти друг к другу и образовать материю необычайной плотности.

Такой взгляд на физические свойства спутника Сириуса получил недавно блестящее подтверждение со стороны теории относительности. Дело в том, что тело, подобное спутнику Сириуса, т. е. очень массивное и малых размеров, должно развиваться на своей поверхности громадное притяжение или, как говорится, создавать там очень сильное поле тяготения. Подсчет показывает, что это поле в 31 раз сильнее, чем на поверхности Солнца. Теория относительности Эйнштейна говорит, что световые колебания, испускаемые в сильном поле тяготения, должны быть замедлены; линии в спектре такого светила должны иметь большую длину волны или, иначе говоря, должны быть смещены к красному концу спектра, по сравнению с их нормальным положением. Теория дает возможность вычислить и величину этого смещения в зависимости от напряжения тяготения.

Фотографирование спектра спутника Сириуса и измерение положения в нем спектральных линий представляет исключительные технические трудности, но в 1925 г. Адамсу при помощи

100 дюймового рефлектора на горе Вилсон удалось преодолеть эти трудности и измерить смещение линий в спектре спутника. Наблюдение и на этот раз блестяще подтвердило теорию: измеренное смещение оказалось равным предсказанному теорией относительности в пределах неизбежных ошибок наблюдения. Таким образом было подтверждено наличие на поверхности спутника сильнейшего поля тяготения, а тем самым доказана и правильность вышеописанных представлений о размерах спутника и его физических свойствах. В настоящее время мы знаем в разных местах неба еще несколько таких звезд, так называемых белых карликов, но их место в истории развития звезд остается еще загадочным.

Звезда номер 27 в созвездии Большого Пса по спектральным наблюдениям оказывается состоящей из четырех звезд, но самое поразительное в них то, что их общая масса в 940 раз больше массы нашего Солнца. Это наиболее тяжелые звезды среди всех, нам известных.

## 12. РАК

Созвездие Рака лежит на эклиптике; оно принадлежит к числу двенадцати древнейших зодиакальных созвездий. Солнце вступает в него в июле месяце; зимой и весной оно красуется на полуденном небе, достигая в Ленинграде в меридиане высоты в 50 градусов над горизонтом. В созвездии Рака самые блестящие звезды достигают только четвертой величины; остальные же не ярче шестой.

В созвездии Рака особенного внимания заслуживает звезда, обозначенная греческой буквой  $\epsilon$ ; она лежит в середине созвездия между звездами  $\gamma$  и  $\delta$  (рис. 32), немного западнее от прямой линии, их соединяющей. В театральный бинокль можно легко заметить, что  $\epsilon$  Рака не звезда, а туманность, а в самый незначительный телескоп она разлагается весьма отчетливо на отдельные звезды. Галилей в начале семнадцатого столетия мог отчетливо видеть 36 звезд; в трехдюймовый телескоп их насчитывается 40; в более значительный видно, конечно больше. Эта группа звезд называется Praesepe—Ясли; англичане называют ее Пчелиным Роем, сравнивая, вероятно, собрание звезд с роем пчел.

Ясли представляют собой очаровательный предмет для наблюдения. Сколько миров, подобных нашему Солнцу, сосредоточено на небольшом пространстве неба! Вся группа кажется нам крошечной, а между тем в действительности это громадный оазис среди необозримой вселенной. Дайте волю своему воображению, и вы воссоздадите всю звездную систему Яслей; вокруг каждой звезды, как вокруг нашего Солнца, задвигаются планеты; они вам представятся так же населенными, как и наша Земля. Да, воображать это можно, но утверждать при современном состоянии науки нельзя.

В южной части созвездия Рака находится другая группа звезд, не менее интересная, чем Ясли; эта группа богата звездами, но они значительно слабее. Еще Гершель насчитал в ней не менее 200 звезд. Группа поражает нас многочисленностью своих миров и величием своего масштаба.

Кроме этих звездных групп, созвездие Рака богато многими туманными пятнами, положение которых мы здесь не приводим,

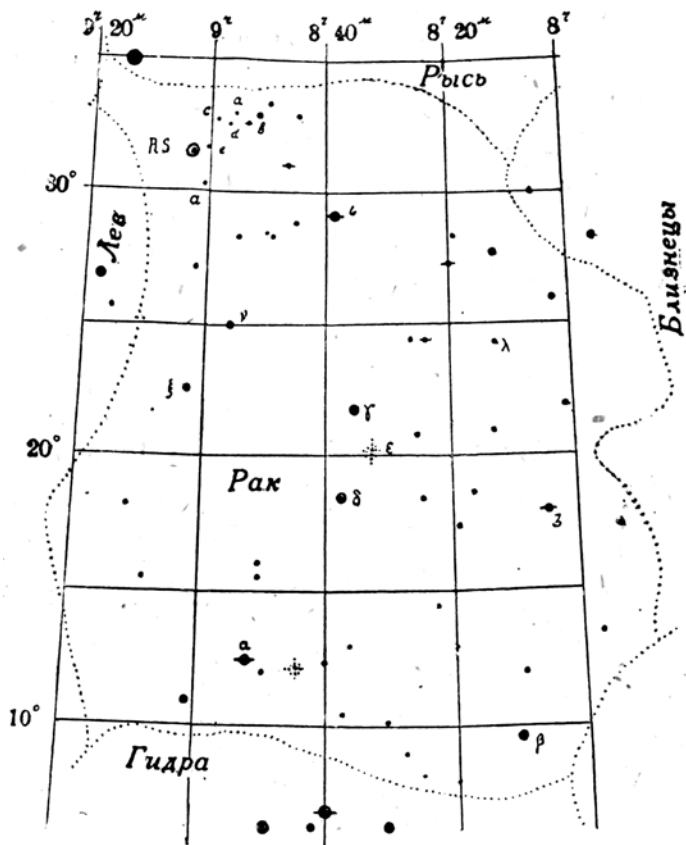


Рис. 32. Карта созвездия Рака.

так как они доступны в телескопы значительных размеров; владеющие же подобными телескопами имеют и специальные каталоги туманных пятен и звездных групп.

В том же созвездии Рака есть весьма замечательная звезда, обозначенная буквой С; она лежит несколько к западу и югу от  $\epsilon$  Рака и по внешнему виду ничего особенного не представляет; она простая звездочка пятой величины. В небольшой же телескоп она разлагается на две звезды — пятой и шестой величины, отделенные расстоянием в  $5\frac{1}{2}$  секунд. В первый раз

ее «раздвоил» Тобиас Майер в 1656 г., а затем ею занялся Вильгельм Гершель; он часто наблюдал ее; в его журнале наблюдений 21 ноября 1781 г. занесена следующая заметка: «Если сегодня зрение мне не изменяет, то главная звезда  $\zeta$  Рака сама состоит из двух звезд», — это было первое наблюдение  $\zeta$  Рака как тройной звезды. С 1781 г. и по настоящее время она непрерывно наблюдается с целью изучения ее движения, и следует заметить, что старания астрономов увенчались замечательными открытиями.

Три звезды этой системы обозначаются буквами *A*, *B* и *C*. Звезды *A* и *B* составляют отдельную тесную пару, в которой звезды разделены угловым расстоянием в 0,85 секунды (рис. 33),

Шестидюймовый телескоп легко раздваивает эту пару. Третья звезда *C* отстоит от пары *A* и *B* на  $5\frac{1}{2}$  секунд. Звезды *A* и *B* описывают эллипс около общего центра тяжести в 59 лет приблизительно; при этом наибольшее расстояние между звездами может быть 1,2, а наименьшее — 0,2 секунды. Что касается третьей звезды *C*, то она медленно движется вокруг первой пары *A* и *B* и полный оборот совершает не менее, как в 600—700 лет. С точностью этот период еще не мог быть определен, потому что со времени первого наблюдения, произведенного Тобиасом Майером, звезда *C* описала небольшую дугу.

Движение третьей звезды *C* происходит неправильно и неравномерно. Если на листе бумаги нарисовать ее последовательные положения отно-

сительно центра тяжести *A* и *B*, то получается красивая узловая линия, одна петля которой описывается в  $17\frac{1}{2}$  лет. Открытие этого любопытного факта сделано О. В. Струве и, независимо от него, Фламарионом. Движение третьей звезды и вообще всей тройной системы было также изучено профессором Зелигером в Мюнхене; он вполне подтвердил предположение О. В. Струве о существовании четвертой звезды, вокруг которой движется видимая звезда *C*. Таким образом мы имеем перед собой звездную систему, состоящую из четырех звезд. Простому глазу вся система представляется как одна звезда, в телескоп малых размеров видны две звезды, в телескоп больших размеров — три звезды и, наконец, вычислениями доказывается существование четвертой звезды.  $\zeta$  Рака представляет нам наилучший пример орбитального движения четырехкратной звездной системы. В ней еще замечательно то, что ме-

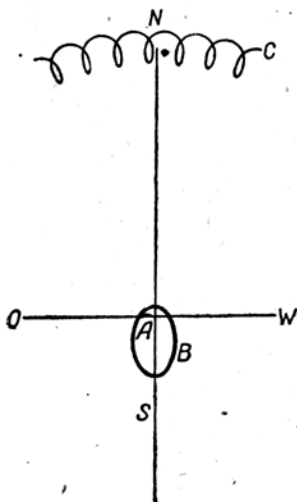


Рис. 33. Орбита спутников тройной звезды  $\zeta$  Рака.



нее яркая звезда, вокруг которой обращается третья звезда С, является самой массивной.

Кроме темного светила, вокруг которого обращается звезда С, могут существовать еще и другие, но с них мы ничего еще не знаем.

### 13. ВОЛОСЫ ВЕРОНИКИ

Волосы Вероники составляют довольно большое созвездие, состоящее исключительно из мелких звезд; самые яркие из них — звезды четвертой величины, и таких-то всего только две; остальные же 35, видимые просто глазом, — пятой и шестой величины. Созвездие лежит к югу от Гончих Псов, к западу от Волопаса, к северу от Девы и к востоку от Льва; оно легко узнается по обилию звезд, производящих впечатление неясного туманного сияния. Волосы Вероники имеют исключительно телескопический интерес. В бинокль видно красивое скопление звезд, составляющее главную часть созвездия; оно лежит в северо-западном углу созвездия.

Кроме этой группы звезд в созвездии много туманных пятен, правда, слабых, но снятые на фотографической пластинке и рассмотренные в микроскоп, они обнаруживают свое строение, преимущественно спиральное. Каждое пятно производит впечатление, будто оно громадных размеров, но меньше туманного пятна Андромеды и кажется нам крошечным только вследствие громадного от нас расстояния.

Кроме одиночных пятен, видимых только с помощью фотографического телескопа, астроном Макс Вольф, директор Гейдельбергской обсерватории в Кенигштуле, открыл 24 марта 1901 г. на одной пластинке на площади не более видимого лунного диска 1528 туманных пятен, таких же маленьких, как только что описанное. Это открытие поразило его и, можно сказать, всех астрономов. Открыт целый мир туманных пятен. Если пятно Андромеды находится в расстоянии миллиона световых лет от нас, то что сказать, на каком расстоянии находится эта группа? Ни одно из туманных пятен группы Вольфа не превосходит в диаметре 30 секунд и, следовательно, каждое пятно группы по крайней мере в 90—100 раз дальше пятна Андромеды, т. е. найдя расстояние до пятна Андромеды мы могли думать, что достигли края вселенной, но группа пятен Вероники убеждает нас, что пятно Андромеды лежит далеко не на краю вселенной и что за нею лежит еще необозримая пучина небесного пространства, что края вселенной нет, она беспредельна, бесконечна. Как бы далеко мы ни открывали звездные миры, за ними еще безраздельное пространство, наполненное звездными мирами; вселенная не ограничена, она бесконечна и ее размеры не имеют предела.

Группа 1528 туманных пятен, а как теперь выясняется, и еще большая по числу, находятся одно от другого на расстоянии

миллиона световых лет, кажется нам скученной в тесное пространство, не более видимого диска Луны, и ясно указывает, что оно находится на огромном от нас расстоянии.

В последние годы множество этих слабых спиральных туманностей, покрывающих не только созвездие Волос Вероники, но и часть созвездия Девы, подробно изучена в Гарвардской обсерватории. В месте наибольшего их скопления найдено 2775 пятен, причем их суммарная яркость весьма различна и такова же, как у звезд от одиннадцатой до восемнадцатой звездной величины. Таким образом там в огромном от нас удалении от шести до нескольких десятков миллионов световых лет, нагромождены в облако чудовищных размеров звездные системы, из которых каждая содержит миллиарды таких звезд, как наше Солнце.

## 14. СЕВЕРНАЯ КОРОНА

Северная Корона — одно из небольших созвездий; в два или три вечера при помощи простого театрального бинокля вы можете до мельчайших подробностей изучить все звезды, его составляющие. Своей красивой формой оно легко узнается среди других созвездий. Для тех, кто не занимался астрономией, я посоветую прежде всего найти Вегу, — одну из самых блестящих звезд нашего северного неба, и затем Арктуру; между ними несколько ближе к Арктуру, и лежит созвездие Северной Короны. С востока и севера оно ограничено созвездием Геркулеса, с юга — Змеей, а с запада — Волопасом.

Наиболее блестящие звезды образуют не вполне сомкнутый довольно правильный круг, напоминающий венец, корону, отчего и произошло самое название созвездия.

В Северной Короне, появилась новая звезда в 1866 г. В первый раз она была замечена 12 мая 1866 г. Джоном Бирмингемом в Мильбруке, в Ирландии; в этот день она блистала как звезда второй величины. К ней был применен спектроскопический метод исследования. Спектроскоп Гегинса обнаружил присутствие у нее блестящей оболочки из водорода. Спектр состоял из блестящих линий и из линий поглощения. Новая звезда скоро поблекла: невооруженным глазом она была видна всего восемь дней, а в июне 1866 г. она уменьшилась до блеска девятой величины. Постепенное уменьшение блеска происходило неравномерно, а с периодическими вспышками через каждые 94 дня; периодичность этих вспышек была замечена Шмидтом в Афинах.

Первоначальная вспышка новой звезды Северной Короны была, по-видимому, мгновенная; по крайней мере за два часа до наблюдения Бирмингема, Шмидт в Афинах осматривал созвездие и ничего особенного не заметил. В настоящее время она имеет блеск звезды  $9\frac{1}{2}$  величины и в бинокль не видна.

Вспышка, подобная той, которую наблюдал 12 мая 1866 г. Джон Бирмингем, может повториться и может происходить

через известные промежутки времени; но периодичность появления новых звезд нам совершенно неизвестна. Если когда-нибудь повторится вспышка, то я не сомневаюсь, что она будет замечена друзьями астрономии, а не специалистами, так как первых становится все больше и больше.

Согласно предложенному Аргеландером обозначению, новая звезда 1866 г. названа Т Северной Короны.

В созвездии Северной Короны есть удивительная звезда, обозначаемая R. Изменения ее блеска как бы противоположны изменениям блеска новых звезд. Обычно она шестой величины и видна в бинокль, но иногда внезапно и быстро она ослабевает до одиннадцатой - тринадцатой величины. За ней надо следить ежедневно.

## 15. ГЕРКУЛЕС

Летом и осенью в юго-западной части неба красуется обширное созвездие Геркулеса; оно не блещет особенно яркими звездами, но зато богато чудесными светилами. К северу Геркулес граничит с Драконом, к западу — с Волопасом, Северной Короной и Змеей, к востоку — с Лирой, Лисичкой, Стрелой и Орлом, а к югу — с Змеедержцем;. Самая яркая звезда Геркулеса обозначена буквой  $\beta$ , а не  $\alpha$ , что, может быть, указывает на изменение блеска с того времени, когда Байер ее так обозначил.

В созвездии Геркулеса три переменные звезды могут быть наблюдаемы простым театральным биноклем; это  $\alpha$  и  $g$ ; их можно найти на хорошей звездной карте. Все три звезды достойны внимания любителей астрономии. Владеющие же хотя бы небольшим телескопом, должны полюбоваться замечательной шарообразной звездной группой, лежащей между  $\eta$  и  $\zeta$  Геркулеса  $\alpha = 16^h39^m$ ,  $38^\circ + 36^\circ35'$ . Эта группа состоит из неисчислимого количества мелких звезд. В маленький телескоп, конечно, нельзя разложить группу на отдельные звезды: группа кажется светлым пятном; но в большие телескопы наблюдатель поражается богатством звезд, заключающихся в этой великой системе. Плеяды, которыми мы невольно восхищаемся, бледнеют перед мощью звездной группы Геркулеса.

Сравнивая по привычке все небесные явления с земными или с явлениями солнечной системы, мы отмечаем существенную разницу между системой Геркулеса и солнечной. В последней все вещество, из которого образовались светила, соединилось главным образом в одном центральном светиле; на долю же планет досталось очень мало, а в рассматриваемой группе Геркулеса все вещество разделилось между множеством звезд одинакового блеска и, вероятно, одинаковой величины; осталось ли там от вещества что-нибудь на долю планет, мы не знаем, так как их не видим.

## 16. ЛИРА

Созвездие Лирь принадлежит к числу 48 птолемеевых созвездий; главная его звезда, обозначенная греческой буквой  $\alpha$ , называется Вегой; это слово произошло от арабского «Баки», что означает коршун, летящий вниз со сложенными крыльями.

Кто не знает Вегу? После Сириуса она самая яркая звезда нашего неба. Как только закатится Солнце, Вега первая заго-

рается в небесной выси, а по наступлении темноты вокруг нее появляются пять звездочек, образующих красивый кортеж (рис. 34), из них одна лежит несколько выше Вегу и влево от нее — это сложная звезда  $\epsilon$ , а остальные четыре  $\gamma$ ,  $\beta$ ,  $\zeta$  и  $\delta$  — внизу; они составляют правильный параллелограмм. Звезда, лежащая в правом нижнем углу этой фигуры, называется  $\beta$  Лирь, это одна из самых замечательных переменных звезд. Воспользуйтесь биноклем и последите за  $\beta$  Лирь в течение двух или трех недель: вы будете удивлены, как быстро и своеобразно изменяется ее блеск. В каждые 12,9

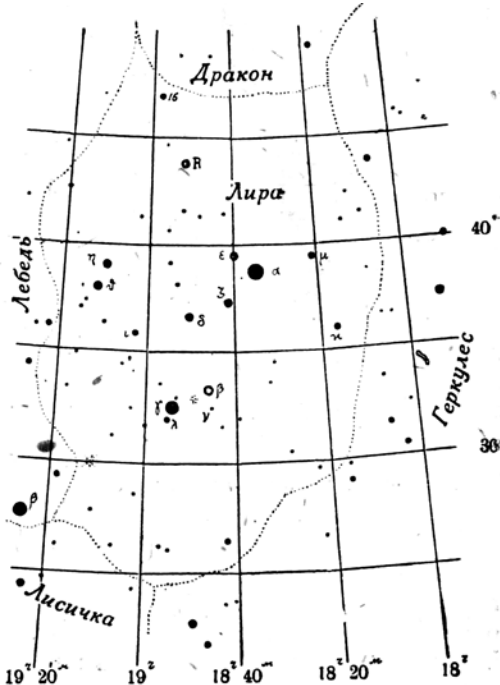


Рис. 34. Карта созвездия Лирь.

дней она дважды вспыхивает и дважды блекнет; замечательно, что ее вспышки одинаково сильны, а уменьшения блеска различны: в одном случае больше, а в другом — меньше. Яркость  $\beta$  Лирь меняется между 3,4 и 4,3 звездной величины, при чем изменения яркости с удивительной правильностью повторяются в следующем порядке: в два дня происходит вспышка, и звезда от 4,3 величины достигает до 3,4; затем в течение двух дней она сохраняет свой наибольший блеск, после чего она блекнет и через два дня уменьшается в блеске до 3,8 величины; после этого происходит вторичная вспышка и вторичное уменьшение блеска до первоначальной величины.

Этим и заканчивается период!

Увеличение и уменьшение блеска идет неправильно, что ясно видно на кривой блеска (рис. 35), построенной С. И. Белявским (астроном Симеизской обсерватории), по десятилетним наблюдениям, произведенным мной.

Периодическое изменение блеска  $\beta$  Лиры было открыто Гудрике в 1784 г., но только через 60 лет Аргеландер напечатал на латинском языке замечательное исследование об изменении ее блеска и своей работой возбудил в астрономах интерес к этой звезде. В настоящее время период изменения блеска происходит в 12,908 суток, но он претерпевает вековые или очень длинные периодические изменения, постепенно увеличиваясь.

Какая причина вызывает постоянные изменения блеска  $\beta$  Лиры? Какие силы производят вспышки света и его уменьшения?

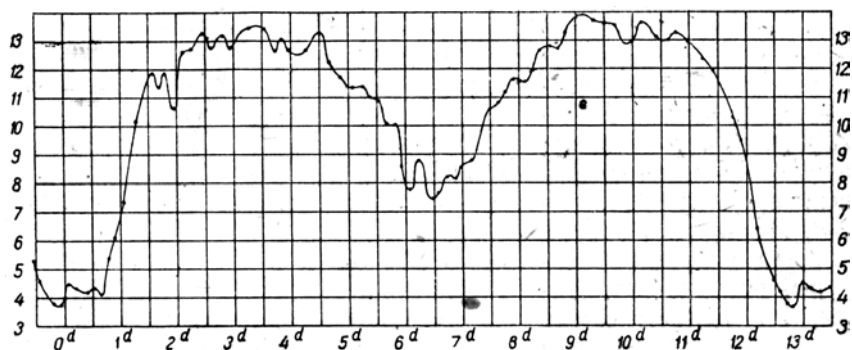


Рис. 35. Кривая изменения блеска  $\beta$  Лиры.

Если мы ограничимся изучением  $\beta$  Лиры в телескоп и даже воспользуемся для этой цели самым сильным телескопом, то она все-таки представится нам простой светящейся точкой. Мы собственно звезды не видим: мы видим только блеск ее лучей; возможно ли при таких условиях надеяться на разгадку тайны? Конечно, нет! Действительно, что может сказать нам простой луч света, идущий от звезды? Ровно ничего! Правда, мы можем построить несколько гипотез о причинах, производящих изменение блеска звезды, но выбрать из них ту, которая всего ближе подходит к действительности, не будем в состоянии. И мы не двинемся ни на шаг по пути разрешения вопроса до тех пор, пока не прибегнем к спектральному анализу — этому могущественному орудию новейшей астрономии. Стеклопризма, разлагая луч света на составные части, представляет возможность не только судить о химическом составе данного небесного светила, но и о тех движениях, которые оно осуществляет; правда, спектроскоп может обнаружить только те движения, которые происходят по направлению луча зрения, но и этого достаточно; во многих случаях, на основании закона

всемирного тяготения, по лучевым скоростям можно судить об истинных движениях светила. Не вдаваясь здесь в изложение основ спектрального анализа, мы заметим, что судить о лучевых скоростях и определять их значение можно по величине смещения спектральных линий. Если спектральные линии смещаются к фиолетовому концу спектра, то светило приближается к нам, а если они смещаются к красному, то светило удаляется от нас.

Когда астрофизик Пулковской обсерватории академик А. А. Белопольский снял фотографию спектра  $\beta$  Лиры и изучил ее, то оказалось, во-первых, что спектр двойной и что он происходит от двух источников света, и, во-вторых, когда линии одного спектра смещены в одну сторону, линии другого — в противоположную. Мало того, спектры, снятые в различные вечера, указывали на различные величины смещений спектральных линий. Нет, значит, сомнения, что  $\beta$  Лиры не одинокое светило, а двойное. Смещение линий спектров обеих звезд указывает на их движение в противоположные стороны, что и должно быть, если они движутся под действием взаимного тяготения: около общего центра тяжести: если одна звезда к нам приближается, то другая должна удаляться. Дальнейшее изучение спектров обнаружило периодическое изменение величин смещения спектральных линий, при чем период оказался равным 12,9 дням, — именно как раз тому периоду, в течение которого происходит весь цикл изменения блеска  $\beta$  Лиры. Стало, очевидным, что изменение блеска находится в зависимости от движения обеих звезд  $\beta$  Лиры.

Итак, переменная звезда  $\beta$  Лиры не одинокая, а двойная; обе составляющие обращаются вокруг общего центра тяжести и совершают полный оборот в 12,9 дней. Этот факт, добытый спектральным анализом, является несомненным, а затем остается объяснить, каким образом движение двух взаимнотяготеющих звезд может вызвать наблюдаемые нами изменения блеска  $\beta$  Лиры.

Вообразим себе, что вдали от нас находится система двух звезд, образующих  $\beta$  Лиры; они так далеко от нас, что в самые мощные телескопы система кажется одиночной, а не двойной. Представим себе дальше, что движение происходит в плоскости, которая проходит через глаз наблюдателя; в таком случае при каждом обороте должно произойти два затмения: при одном положении затмится одна звезда, а при другом — другая; если звезды различной яркости, то уменьшение блеска в обоих случаях будет не одинаковое. Построив эту гипотезу, необходимо доказать, справедлива ли она. Из наблюдений над спектрами оказывается, что моменты, когда лучевые скорости равны нулю, очень близки к эпохам наименьшего блеска; так и должно быть, если изложенная гипотеза справедлива. Действительно, во время затмений обе звезды движутся по направлению, перпен-

дикулярному к лучу зрения; следовательно, они не изменяют своего расстояния относительно нас; это движение характеризуется нулевой скоростью по лучу зрения. Мы приходим к заключению, что взаимные затмения двух звезд вызывают наблюдаемые нами изменения блеска  $\beta$  Лиры.

Необходимо заметить, что одними затмениями нельзя объяснить всех изменений блеска звезды; если бы только одни затмения служили тому причиной, то блеск  $\beta$  Лиры оставался бы постоянным во все время между двумя последовательными затмениями, а в действительности блеск постоянно и непре-

рывно изменяется. Приходится сделать гипотезу, что звезды окружены высокими атмосферами, в которых происходят приливы и отливы. Астроном Майерс (Myers) предположил, что оба светила, составляющие систему  $\beta$  Лиры, суть эллипсоиды вращения, большие оси которых направлены к общему центру тяжести (рис. 36), и вычислил относительные размеры орбиты и самих светил; он получил числовые значения, изображенные на упомянутом рисунке. Эллипсоидальная форма произошла от взаимного тяготения, подобно

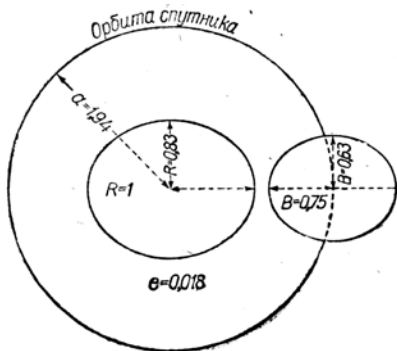


Рис. 36. Орбита звезд, составляющих систему  $\beta$  Лиры.

тому, как водная поверхность Земли принимает такую же форму во время морских приливов.

Подведем итог. Переменная звезда  $\beta$  Лиры кажется нам в самые могущественные телескопы одиночной, но в действительности она не одиночная, а двойная; обе звезды, составляющие систему, движутся в плоскости, проходящей через Землю (или Солнце, — для такого расстояния, на каком находится рассматриваемая звезда, это совершенно безразлично); при каждом их обороте происходят два затмения; одно из них вызывает большее уменьшение блеска, а другое — меньшее; вместе с тем в атмосфере происходят приливы и отливы, которые вызывают непрерывные изменения блеска  $\beta$  Лиры.

Размеры звезд весьма внушительны: главная звезда имеет радиус в 43, а спутник в 18 раз больше солнечного и сжатие каждой из них около  $\frac{1}{5}$ . Мы имеем перед собой величественную звездную систему. Зато плотность вещества, составляющего звезды, весьма мала: она составляет всего 0,0004 для одной и 0,0025 для другой звезды от плотности Солнца; эта плотность того же порядка, что и плотность нашего обычного воздуха.

Кроме замечательной переменной звезды  $\beta$  Лиры, в том же созвездии находится другая переменная, обозначенная буквой R;

она лежит к северу от Беги. Ее блеск изменяется полуправильно в течение 45 дней между пределами 4,0 и 4,8 величины. Как  $\beta$ , так и  $R$  Лиры могут быть наблюдаемы в простой бинокль, о чем подробно изложено в главе о переменных звездах.

Расстояние от Солнца до  $\alpha$  Лиры определялось много раз. Над разрешением этого вопроса трудились оба Струве — Вильгельм и Отто (отец и сын), Петерс, Брюннов, Холл и Элькин и другие, и так как определение расстояний до звезд принадлежит к числу самых тонких вопросов астрономии, и малейшие ошибки наблюдений имеют большое влияние на выводы, то полученные названными наблюдателями значения несколько отличаются одно от другого.

Если мы представим себе, что наблюдатель находится на  $\alpha$  Лиры и смотрит на Солнце и Землю, то лучи зрения образуют острый угол, наибольшее значение которого называется годичным параллаксом звезды; для Беги он измеряется крошечной дугой всего 0,12 секунды. Это число, установленное теперь весьма точно, очень мало говорит нашему воображению, но мы постараемся перевести его в общепонятные числа. Заметим прежде всего, что чем меньше угол, под которым усматривается со звезды радиус земной орбиты, тем дальше лежит данная звезда. Не забудем, что среднее расстояние от Земли до Солнца равно  $149\frac{1}{2}$  млн. километров; это громадное расстояние, как сейчас сказано, усматривается под крошечным углом в полторы десятых секунды. Если по правилам тригонометрии мы выразим расстояние от Беги до Земли в километрах, то получим число из 16 цифр; оно так велико, что мы его не можем понять. Приходится отбросить километры и выбрать другую, более крупную, меру, которую и примем за масштаб: такая единица нам уже известна, она называется световым годом. Произведя расчеты для Беги мы получаем весьма внушительное расстояние, а именно: она находится так далеко от нас, что ее свет доходит до нашего глаза в 26 лет.

Созвездие Лиры замечательно еще и тем, что в нем лежит точка, называемая *а п е к с о м*, к которому несется вся солнечная система. Когда в 1718 г. английский астроном Галлей открыл явление собственного движения звезд, считавшихся до того времени неподвижными, и когда астрономы уяснили себе, что между Солнцем и звездами по существу нет никакой разницы, — следовало допустить и движение Солнца в небесном пространстве. Затем В. Гершель и Прево определили направление движения Солнца в небесном пространстве; определение это было повторено многими астрономами и в среднем из многих определений оказалось, что мы движемся со скоростью 20 км в секунду к точке, положение которой определяется координатами-

$$\alpha = 270^\circ = 18^{\text{h}}0^{\text{m}} \text{ и } \delta = +30^\circ.$$

Эта точка лежит несколько к югу и к западу от Веги ( $\alpha$  Лиры). Вследствие постоянного приближения к созвездию Лиры, его



звезды расступаются, созвездие постоянно кажется увеличивающимся в своих размерах; вместе с тем увеличивается и блеск Беги и всех звезд Лиры. Но увеличение размеров созвездия и блеска его отдельных звезд происходит очень медленно, и только через многие века, а может быть и тысячелетия, созвездие примет для нас несколько иной вид. В созвездии Лиры находится сла-

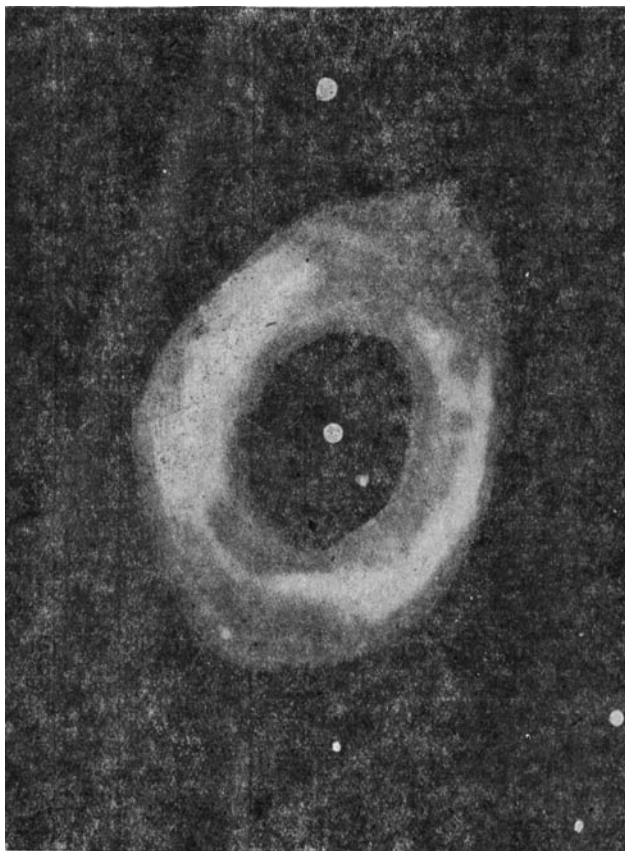


Рис. 37. Фотография кольцевой туманности в Лиры.

бая переменная звездочка RZ Лиры, имеющая наибольшую известную нам скорость по лучу зрения. Она несется со скоростью 385 км в секунду.

В телескоп с объективом от 8 см в диаметре в созвездии Лиры можно видеть поразительную, крохотную туманность, по своему виду напоминающую кольцо табачного дыма, пущенное искусным курильщиком (рис. 37). Эта кольцевая туманность, как и туманность в созвездии Лисички, принадлежит к так называемым планетарным туманностям, состоящим из крайне разре-

женных газов. В центре туманного кольца видна слабая звездочка шестнадцатой величины. По исследованиям Б. А. Воронцова-Вельяминова, она имеет температуру  $75\,000^{\circ}$  и является одной из наиболее горячих среди известных звезд. По тем же данным размер этой туманности так велик, что он в 2500 раз больше поперечника орбиты Земли вокруг Солнца.

## 17. ОРЛА

Созвездие Орла расположено по обе стороны экватора и содержит несколько светил, достойных внимания наблюдателя, не снабженного могущественным телескопом.

Главная звезда Орла — Альтаир ( $\alpha$  Орла) — первой величины; все же остальные не ярче третьей величины. По общепринятому началу для обозначения звезд, вторая по блеску звезда каждого созвездия должна быть обозначена второй буквой греческого алфавита, именно  $\beta$ ; между тем  $\beta$  Орла является седьмой по яркости звездой. Быть может она блекнет и может быть, со временем станет телескопической звездой.

Особенного внимания заслуживает переменная звезда  $\eta$ , лежащая к югу от  $\beta$  менаду  $\theta$  и  $\delta$ . В течение 7 дней 4 часов она непрерывно изменяет свой блеск между величинами 3,7 и 4,4. Переменность ее блеска открыта Пиготом в 1784 году, более же подробные о ней сведения можно найти в главе о переменных звездах.

В 1918 году в Орле вспыхнула новая звезда, наиболее яркая из всех новых звезд, наблюдавшихся со времени Галилея. В настоящее время она  $10\frac{1}{2}$  величины и вокруг нее все еще видна туманность, выброшенная этой звездой в момент достижения ею своей наибольшей яркости. До своей вспышки Новая Орла была ничем не приметной звездочкой.

Созвездие Орла пересекается двумя разветвлениями Млечного Пути; восточная его ветвь принимает здесь наибольший блеск и представляет много замечательного для изучения и наблюдения.

## 18. СТРЕЛЕЦ

Созвездие Стрельца принадлежит к числу зодиакальных. В нем Солнце делает поворот к экватору 22 декабря, и тогда наступает зима в нашем северном полушарии. Стрелец лежит в южном полушарии и для жителей севера является мало доступным. Всего удобнее его наблюдать в июле и августе и то в местах более южных, например в Закавказье, в Крыму и т. д.

Созвездие Стрельца очень обширное: оно начинается от  $10$  градуса южного склонения и достигает до  $45$  градуса склонения в том же полушарии: оно лежит к югу от Орла и Змеодежца

дами, звездными скоплениями и туманными пятнами. В созвездии Стрельца находятся наиболее яркие облака Млечного Пути.

По направлению к созвездию Стрельца находится центр всей гигантской звездной системы Млечного Пути — всего того сонма звезд, который мы видим в наши телескопы либо по отдельности, либо слившимися в сияющую серебристую ленту Млечного Пути. По этому направлению находится наибольшая масса звезд этой колоссальной звездной системы. Центр ее отстоит от нашей солнечной системы на расстоянии около 25 000 световых лет, в то время как наибольшее протяжение всей этой звездной системы около 200 000 световых лет. Спиральные туманности, вроде туманности Андромеды или туманностей в созвездии Волос Вероники, являются такими же гигантскими звездными системами, подобными звездной системе Млечного Пути и независимыми от нее. Вселенная в пределах изученной нами части ее состоит из таких звездных гнезд, из таких ячеек, в каждой из которых собраны миллиарды звезд.

## 19. ЛЕБЕДЬ

В осенние вечера, особенно безлунные, чудесна часть неба, занимаемая созвездиями Лебедя, Лисички, Стрелы и Орла: по ним проходит самая яркая и самая роскошная часть Млечного Пути. Здесь Млечный Путь раздваивается, и обе ветви тянутся параллельно одна другой. Главные звезды Лебедя образуют красивый крест: звезды  $\alpha$ ,  $\gamma$  и  $\beta$  расположены вдоль Млечного Пути, а  $\epsilon$  и  $\delta$  — перпендикулярно к ним. Эта область звездного неба представляет неисчерпаемый источник для наблюдения просто глазом и биноклем, и маленькой трубой, и гигантским телескопом, и астрографом, и, наконец, спектрографом. Можно годы проводить за изучением созвездия Лебедя и открывать все новые явления и новые светила. Но особого внимания заслуживает звезда пятой величины, обозначенная № 61; ее легко разыскать на небе; вместе с яркими звездами  $\alpha$ ,  $\gamma$  и  $\epsilon$  она составляет правильный параллелограмм и находится между звездами  $\nu$  и  $\tau$  Лебедя. Рассматриваемая звезда отличается большим собственным движением: в год она описывает дугу в 5,2 секунды. Нам известны только три звезды, собственное движение которых больше. Звезда 61 Лебедя — двойная; между составляющими звездами расстояние равно 20 секундам; обе звезды несутся рядом в небесном пространстве, и это обстоятельство указывает на их общее происхождение. Мы не сомневаемся, что видимая близость обеих звезд зависит от действительной их близости; а из этого мы заключаем, что если непосредственными измерениями будет доказано, что относительное положение обеих звезд изменяется, то оно происходит от взаимного тяготения обеих звезд 61 Лебедя. Следствием этого тяготения должно явиться орбитальное движение: обе звезды должны описывать эллипс

около общего центра тяжести; размеры эллипса, а также время полного обращения будут определены после того, как каждая из звезд опишет довольно заметную дугу, не менее 100 градусов. Первая попытка произвести подобное определение сделана Петерсом из Кенигсберга; период полного обращения определился в 783 года; через 50 лет, когда описанные звездами дуги будут больше, удастся точнее определить время обращения звезд.

61 Лебедя замечательна как первая звезда, для которой определено расстояние от Солнца; определение это произведено Бесселем в 1838 г. Измерить расстояние до звезды было мечтой астрономов от незапамятных времен. Раньше помещали звезды на небесные сферы, находившиеся в различных расстояниях от Земли; но эта гипотеза должна была уступить место другим воззрениям, как только философия окрепла и освободилась от религиозных оков; тогда стало очевидным, что вселенная безгранична и что число светил неисчислимо, а расстояние от Солнца до звезд могло принимать какие угодно значения: не было никаких оснований предполагать, чтобы все звезды были на одинаковом от нас расстоянии. Задача измерения расстояния до звезд стала особенно привлекательной со времени Коперника, так как выяснилось, что измерить его возможно только в том случае, если наблюдения будут произведены через полгода одно после другого, когда Земля обойдет Солнце и станет в диаметрально противоположную точку земной орбиты; если будет определено расстояние до звезд, то тем самым, очевидно, будет доказано обращение Земли вокруг Солнца.

61 Лебедя находится в таком от нас расстоянии, что свет проходит отделяющее нас пространство в 11 лет. В ясный вечер полюбуйтесь этой замечательной звездой.

В. 1600 г. Янсон заметил в Лебеде новую ярко блиставшую звезду. В 1602 г., по определению Кеплера, она была, третьей величины. В 1621 г. она исчезла, а в 1655 г. она вторично достигла блеска звезд третьей величины. В 1660 г. она снова исчезла и опять вспыхнула в 1665 г., когда ее наблюдал Гевелий, но она уже не была столь яркой, как при первом появлении. В настоящее время она пятой величины. Положение этой замечательной звезды, обозначенной как Р Лебеда, для 1940 г. следующее:  $\alpha = 20^{\text{h}} 15^{\text{m}}$   $\delta = + 37^{\circ} 52'$ .

В том же созвездии Лебедя внезапно вспыхнула другая новая звезда 24 ноября 1876 г.; она имела яркость звезд третьей величины. Через три дня яркость быстро уменьшилась, и в начале 1877 г. она уже была одиннадцатой величины. Эта звезда открыта Ю. Шмидтом в Афинах. Наконец, в 1920 г. здесь вспыхнула еще одна новая яркая звезда, открытая любителем астрономии Деннингом. Теперь она пятнадцатой величины.

## МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ

Своею красотою и величием Млечный Путь привлекал внимание человека с глубочайших времен; его происхождение связывалось в древние времена с различными легендами. Современные наблюдатели также восхищаются Млечным Путем, но не приписывают ему никакого легендарного происхождения, а знают, что он состоит из мириадов звезд.

Млечный Путь блестящей полосой опоясывает все небо, проходя через следующие созвездия: Единорог, Малый Пес, Орион, Близнецы, Телец, Возничий, Персей, Жираф, Кассиопея, Андромеда, Цефей, Ящерица, Лебедь, Лисичка, Лира, Стрела, Орел, Стрелец и целый ряд других южных созвездий. Всего ярче он в созвездиях Лебеда, Стрелы и Орла.

Лучшим временем для наблюдения Млечного Пути являются летние и осенние месяцы. На севере белые летние ночи не позволяют видеть Млечный Путь, но начиная с августа уже можно любоваться и наблюдать светлую полосу этого великого скопления звезд.

Млечный Путь можно наблюдать просто глазом, в бинокль, в телескоп, и, наконец, фотографически. Общий вид и очертания Млечного Пути всего лучше изучаются невооруженным глазом. В телескоп видна только маленькая часть Млечного Пути, а потому видеть в него очертания Млечного Пути нельзя: из-за деревьев,—как гласит поговорка,—леса не видно; вследствие этого наблюдения невооруженным глазом являются весьма полезными.

Изучение истинного строения Млечного Пути составляет вековую задачу астрономии. Со времени В. Гершеля и до настоящих дней не прерывается ряд самых блестящих и в высшей степени оригинальных изысканий об истинном строении Млечного Пути. Задача затруднительна в том отношении, что наблюдатель видит это звездное скопление с Земли (с солнечной системы), не вполне выгодно расположенной в этом отношении, а именно — наблюдатель вместе с Землей и солнечной системой находится в середине Млечного Пути. Если бы он находился вне его, то сомнения не существовало бы. Находясь же внутри звездной системы, наблюдатель не может легко решить, на основании одного впечатления, каково пространственное строение Млечного Пути.

По современным представлениям, которые несомненно ближе к истине, Млечный Путь представляет собою гигантскую звездную систему, внутри которой, наряду с миллионами других звезд, находится и наше Солнце с окружающими его плане-

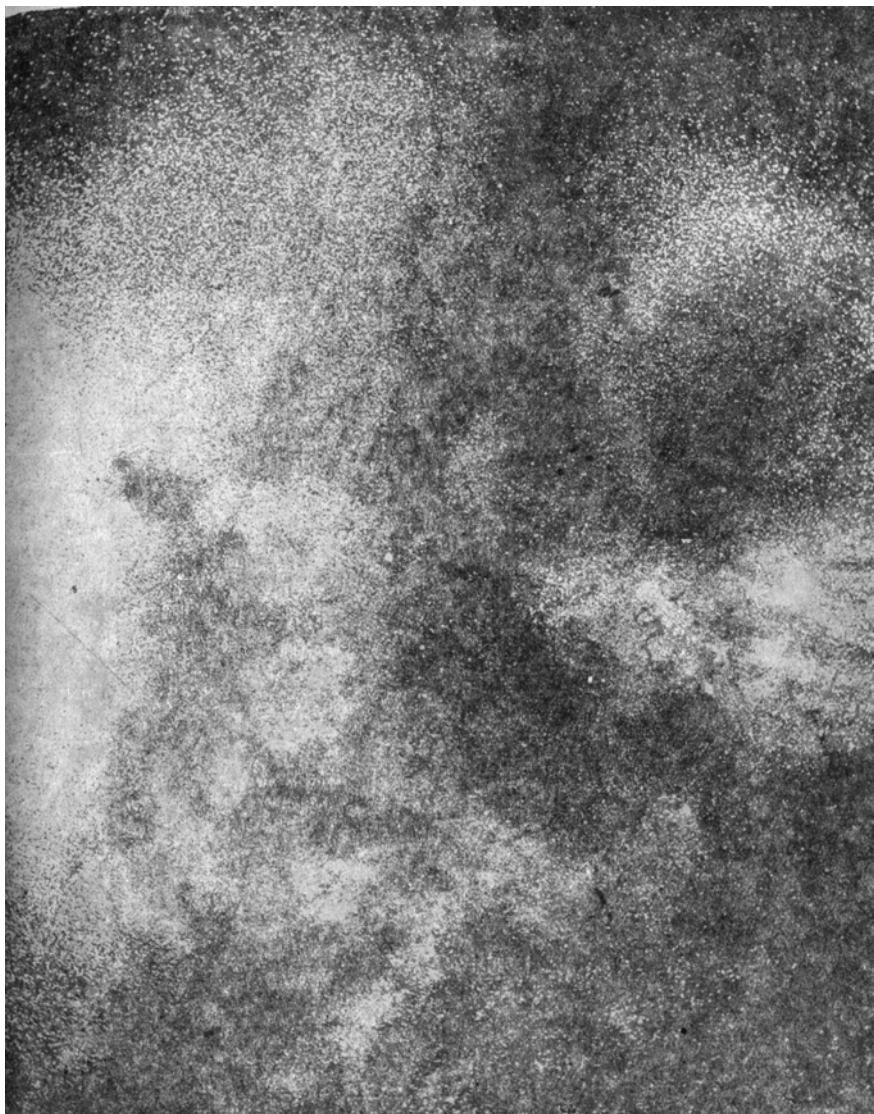


Рис. 38. Фотография участка Млечного пути.

тами и Землей. Эта звездная система, называемая обычно Галактикой, включает в себя не только множество далеких и поэтому слабых звезд, образующих сияющую ленту Млечного Пути, но и все остальные звезды, видимые нами по отдельности.

Эта система звезд неоднородна, она имеет как бы облакообразное строение, состоя из нагромождения огромных звездных куч, как бы звездных облаков, в промежутках между которыми звезд значительно меньше. Такие облака Млечного Пути хорошо видны простым глазом в созвездиях Лебедя и Щита. Вместе с тем, общая система Галактики сплюснута так, что пространство, заполненное звездами, напоминает по форме карманные часы или выпуклую чечевицу, причем Солнце находится далеко от центра этой системы, но близко к так называемой плоскости симметрии этой системы. Центр Галактики, видимый с нашей Земли, находится по направлению к созвездию Стрельца, в котором находится очень яркое облако Млечного Пути. Расстояние до этого центра составляет примерно 60 000 световых лет, в то время как вдоль наибольшего протяжения Галактики свет пробегает около двухсот тысяч лет, чтобы добраться от одного ее края до другого;

Темные пространства в Млечном Пути, как бы черные дыры в его сияющем фоне, одна из которых хорошо видна в созвездии Лебедя, считались раньше настоящими пустотами, местами, где звезд в пространстве действительно мало.

Теперь установлено, что эти кажущиеся пустоты вызваны наличием в межзвездном пространстве огромных космических облаков малопрозрачного вещества. По-видимому, эти темные туманности, как их называют, состоят из мельчайшей пыли и поглощают свет находящихся за ними далеких звезд. Темные туманности действуют как непрозрачный экран, закрывающий от нас звездные дали. В этих случаях нам видны только те звезды, которые находятся перед туманностью и нами, т. е. в сравнительно небольшом числе. Возможно, что даже великое раздвоение Млечного Пути на два рукава вызвано присутствием в этом месте громадных скопищ темных туманностей, заслоняющих от нас сияние Млечного Пути в этой области.

Итальянский астроном Хаген наблюдал во многих местах неба огромные области потемнения, которые фотографическими наблюдениями не подтверждены. Эти темные области видны только простым глазом и далеко не всеми астрономами, так что их существование подвергается сомнению. В среднеазиатских частях нашего Союза можно было бы наблюдениями невооруженным глазом проверить правильность наблюдений Хагена и его сотрудников.

Подробности строения Млечного Пути как Галактики нам еще не ясны. Одни астрономы считают Галактику таким же спиралеобразным скопищем звезд, какое мы видим в туманности Андромеды (см. описание этого созвездия). С этой точки зрения

вся вселенная состоит из подобных, спиральных туманностей, —  
вернее спиральных звездных систем. Американский астроном  
Шапли считает, что наша Галактика не спиральная звездная си-  
стема, а облакообразное нагромождение ряда подобных систем,  
отчасти утративших такую спиральную форму. Он считает  
Млечный Путь скорее сверхгалактикой, наподобие той сверх-  
галактики, которая наблюдается в созвездиях Большой Мед-  
ведицы, Девы и Волос Вероники.



## ГЛАВА VII

### КОМЕТЫ

#### 1. ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЕ КОМЕТЫ

Со времени изобретения телескопа число ежегодно открываемых комет постоянно увеличивается; оно особенно увеличилось, начиная с последнего десятилетия девятнадцатого столетия вследствие систематических исследований, предпринятых некоторыми астрономами, и применения фотографии. Но число открываемых больших комет увеличилось от этого лишь в малой степени: влияние телескопа, фотографии и правильно поставленных поисков отразилось главным образом на числе слабых, телескопических комет.

Появляется большая комета, — она всем доступна: и опытным астрономам, и любителям; все любят ее красивыми очертаниями и следят за ее движением. Правда, в прежние времена кометы, появлявшиеся иногда совершенно неожиданно, навели страх на людей, но времена эти миновали: распространение астрономических знаний имело громадное влияние на полное рассеяние нелепых предрассудков и суеверного страха перед некоторыми необычными небесными явлениями, к которым, между прочим, причислялось появление больших комет. По поводу влияния астрономии на уничтожение суеверий еще Лаплас заметил, что суеверия и страх тотчас же появятся вновь, как только прекратится изучение астрономии.

Таким образом, изучение астрономии значительно способствует выработке материалистического мировоззрения и его борьбе со всякого рода идеализмом, мистицизмом и прямой поповщиной.

До Ньютона не имели никакого понятия об истинных движениях комет. Даже великий Кеплер, заслуживший название «законодателя неба», не мог себе представить, каким образом совершается движение комет в небесном пространстве. Движения же планет и их спутников были ему ясны; открытые им законы послужили основанием всей современной механики и дали великому Ньютону возможность открыть закон всемирного тяготения. Решение вопроса о движении комет удалось найти бессмертному Ньютону, доказавшему, что кометы, как небесные светила, могут двигаться не только по эллипсам, но и по параболам, в фокусе которых должно находиться Солнце. Как бы нарочно для подтверждения справедливости вывода Ньютона, появилась в 1680 г. большая блестящая комета с пышным хвостом; она была ярче всех прежде появлявшихся комет, о которых со-

хранились исторические сведения. По блеску и красоте с нею может сравниться разве только чудная комета Донати 1858 г.

Следующее приближение к истине было сделано современником Ньютона английским астрономом Галлеем. В августе 1682 г. он установил, что комета, появлявшаяся в 1682 г., является периодической; она являлась уже в 1531 и 1607 гг. Это была первая комета, для которой определена эллиптическая орбита; эллипс оказался вытянутым: в наибольшем удалении от Солнца комета была в 33,6 раза дальше, чем Земля.



Эдмунд Галлей

В последнее время открыто несколько комет, пути которых около Солнца оказались гиперболическими, но весьма мало отличными от парабол.

Одновременно с изучением движения комет началось изучение их физического строения. Вопрос этот был еще труднее первого и не давался легко. За два века после Ньютона решение вопроса нисколько не подвинулось вперед; только в девятнадцатом столетии появились обоснованные гипотезы, вполне подтвержденные современными наблюдениями. Целый ряд, блестящих исследований и открытий уяснил, с одной стороны, то что кометы состоят из собрания большого числа маленьких тел, с другой же — что хвосты комет состоят из весьма разреженного газообразного вещества.

В конце девятнадцатого столетия большие кометы привлекли особенное внимание ученых. После того, как удалось наблюдать дробление комет на части и доказать, что они состоят из собрания громадного числа крошечных телец, которые, по-видимому, производят явление падающих звезд, перед нами открылись норы, прежде неизвестные основы мироздания. Земля ежедневно сталкивается с остатками рассеявшихся комет; на Землю ежедневно падают мириады крошечных телец, которые, несомненно, увеличивают ее массу, ее объем. Земля, так сказать, постоянно растет; растут и все другие планеты солнечной системы. Этот, конечно, чрезвычайно медленный рост происходит непрерывно — он происходил и вчера, и год, и сто и тысячу лет назад; он будет происходить и в будущем.

Другие явления, представляемые кометами, также вызвали к ним интерес в науке; их чудные косы (называемые обыкновенно хвостами) представляют собой целый ряд единственных в своем роде явлений, происходящих в газообразном веществе.

Среди многих известных нам комет, само собою разумеется, первое место занимают большие блестящие кометы. Украшающие их хвосты и вообще все явления, в них происходящие, могут быть изучаемы точнее, легче, чем в слабых телескопических кометах. К сожалению, большие кометы появляются очень редко. Из числа блестящих комет мы выбрали те, которые представили впервые своеобразные явления и раскрыли новые научные горизонты. Постоянными наблюдениями над кометами и неустанными теоретическими изысканиями астрономы сумели прочесть несколько страничек книги о вселенной и осветить неизвестные прежде подробности строения небесных тел.

Помещая здесь главу о кометах, мы желали бы уяснить, что может сделать любитель, обладающий только биноклем, в области кометной астрономии. Прочитав настоящую главу, читатель узнает, с какими ничтожными средствами некоторые любители астрономии производили ценные наблюдения над кометами. Но то было в прежнее время; теперь же, когда многие обсерватории вооружены светосильными телескопами и могущественными астрографами (фотографическими телескопами), астроном-любитель может произвести точные определения положения комет только, если он владеет хорошим телескопом с микрометром и часовым механизмом; владеющие же подобными инструментами не причисляются мною к любителям; это специалисты, и, как читатель знает из предисловия к настоящей книге, она написана не для них. Любитель может оказать услугу другого рода, и в данном деле сколько бы ни было любителей, всем им хватит научной работы; все они могут обогащать науку ценными наблюдениями. Следующие наблюдения доступны любителям, владеющим только биноклем: 1) рисование хвостов больших комет, 2) оценка яркости комет и 3) как побочные наблюдения, разыскание комет. Каждому этому вопросу отведены особые

страницы, из которых читатель и узнает, что в данных областях науки можно сделать с самыми скромными средствами.

**Большая комета 1807 г.** Кто первый открыл эту комету, в точности неизвестно; имеется указание, что 9 сентября ее видел один из августинских монахов из Кастре Джiovани в Сицилии. Затем ее видели 20 сентября в Палермо и на следующий день в Марселе. Первое наблюдение, т. е. первое определение положения кометы, произведено 22 сентября 1807 г., а последнее — 27 марта 1808 г. русским ученым академиком Вишневым.

Комета 1807 г. была очень яркой: в течение двух месяцев она блистала на небе, доступная невооруженному глазу; в астрономическую же трубу могла быть наблюдаема в течение пяти месяцев. Хвост кометы имел форму веера. Перейдя в южное полушарие, комета постепенно ослабела и скрылась.

В истории астрономии большая комета 1807 г. занимает видное место не столько по своему блеску и по красоте своего хвоста, сколько по новым приемам, примененным к изучению движения кометы в небесном пространстве. В 1797 г. Ольберс подарил науке весьма простой способ для определения кометных путей по трем наблюдениям, который, между прочим, был применен и к большой комете 1807 г. Этот знаменитый астроном, вместе с тем врач-практик, обогатил науку многими ценными изысканиями, а своим способом определения кометных путей создал себе бессмертное имя. Одновременно напрашивался другой вопрос в деле изучения кометных путей вообще. Если каждые три наблюдения являлись вообще достаточными для определения пути кометы, то что следовало делать с многочисленными наблюдениями, произведенными астрономами всего света над блестящею кометою 1807 г.? Или приходилось большинству наблюдений отбросить, т. е. не придавать им никакого значения, или же принимать все во внимание и в таком случае изыскать особый способ вывода элементов орбиты кометы не из трех, а из многих наблюдений. Впервые этим вопросом занялся Гаусс и решил его в 1795 г., но обнародовал только в 1819 г.; затем Лежандр, совершенно независимо от Гауса, дал решение вопроса в 1806 г. Способ этот называется способом наименьших квадратов. Как в астрономии, так и во всех опытных и наблюдательных науках он имеет громадное значение, так как является математическим приемом, позволяющим из совокупности измерений или наблюдений получать наиболее вероятные данные. В настоящее время все выводы из наблюдений получаются по способу наименьших квадратов. Он применяется в широкой мере и в статистике и в биометрике. Жестоко ошибаются те, кто думает открывать законы природы по единичным случаям или нескольким наблюдениям: открытие возможно только в том случае, если воспользовались многими наблюдениями.

В применении к большой комете 1807 г. пришлось определить значение шести неизвестных, называемых элементами кометной

орбиты. Знаменитый кенигсбергский профессор Бессель собрал все наблюдения над кометою 1807 г. и определил ее вероятнейший путь в труде, названном астрономами «классическим».

**Большая комета 1811 г.** Комета 1811 г. открыта французом Флержером 25 марта 1811 г. в созвездии Корабля, на 29 градусов к югу от экватора. Постоянно увеличиваясь в яркости, эта комета вскоре стала большою, блестящею, с роскошным хвостом; вместе с тем она перешла в северное полушарие. Эта комета, описанная Л. Толстым в романе «Война и мир» и по ошибке отнесенная им к 1812 г., принималась многими суеверными людьми за предвозвестницу вторжения Наполеона в Россию.

Вначале комета была слабою и только с трудом могла быть видима просто глазом; двигаясь прямо на север, она вместе с тем увеличивалась в яркости; описав затем дугу в 34 градуса, она исчезла в лучах Солнца в созвездии Единорога. Наблюдения, произведенные астрономами, были вполне достаточны для определения ее орбиты и для предвычисления ее положения после выступления из солнечных лучей. Действительно, комета вышла из них и была вновь разыскана и наблюдаема с 22 августа 1811 г. в северозападной части созвездия Льва. В России она была наблюдаема академиком Вишневским, оставившим ряд весьма ценных наблюдений. Вишневский путешествовал в это время по Каспийскому морю; он увидел комету при вторичном ее появлении 4 сентября. На море, конечно, он не мог определять ее положения, но, приехав в Астрахань, а затем в Новочеркасск, где он оставался продолжительное время, он много раз наблюдал комету. В сентябре 1811 г. комета достигла наибольшего блеска; ее хвост протягивался на 15 градусов (поперечник Луны равен полуградусу); он был прямой. Комета украшала наше северное небо; в начале октября комета вступила в созвездие Большой Медведицы; в нем она изменила свое движение: она снова направилась к экватору и постепенно приближалась к созвездию Орла; но так как то же созвездие вступало в солнечные лучи, то комета постепенно блекла и вторично исчезла в лучах Солнца, вступив вместе с ним в созвездие Водолея. В последний раз перед исчезновением в солнечных лучах она была наблюдаема 10 января 1812 г. в Готе, в Зеебергской обсерватории; тогда комета находилась на один градус к югу от экватора. К этому времени Бессель уже вычислил вероятнейшие элементы кометной орбиты и указал на возможность в третий раз наблюдать комету при ее выступлении из солнечных лучей. Академик Вишневский был в это время в Новочеркасске; он стал разыскивать комету; в его распоряжении была небольшая труба. Доллонда с фокусным расстоянием в  $3\frac{1}{2}$  фута; тем не менее его старания увенчались успехом: 31 июля он разыскал комету и наблюдал ее до 17 августа. Она была слабая и без хвоста. Докладывая Академии наук о своих наблюдениях, Вишневский замечает, что еще никогда не удавалось наблюдать до этого времени комету такое продол-

жительное время; она была наблюдаема в течение одиннадцати месяцев после прохождения через перигелий, а всего в течение одного года и пяти месяцев.

Слабая комета Швассман — Вахмана, открытая этими астрономами на обсерватории в Бергедорфе в 1927 г., наблюдалась в течение более 6 лет. Об этой исключительной комете будет рассказано дальше. Кроме этой кометы, ревностные наблюдатели Швассман и Вахман открыли с помощью фотографии еще ряд других слабых комет.

Вычисления элементов орбиты, произведенные Бесселем, указали, что комета 1811 г. движется по весьма вытянутому эллипсу, который она описывает приблизительно в 3383 года; следовательно, вторичное ее возвращение к Солнцу будет около 5194 г. Следует, однако, заметить, что точное определение столь продолжительного периода невозможно; неточность может простираться на целое столетие. Малейшая ошибка в определении эксцентриситета эллипса вызывает большую неточность в периоде обращения, и эта неточность тем больше, чем больше эксцентриситет; в предельном же случае ошибка может быть бесконечно большою. В последнее время Герц вновь определил элементы орбиты кометы и получил приблизительно те же величины, что и Бессель.

В конце 52 столетия нашей эры астрономы будут ожидать комету 1811 г., открытую Флержером; тогда они вспомнят о Вишневском, оставившем наибольшее число наблюдений; вспомнят о Бесселе и Герце, определивших период ее обращения.

Хвост большой кометы 1811 г. был тщательно исследован Олберсом, который создал гипотезу об отталкивательной силе Солнца, как причине, производящей эти придатки комет. Гипотеза Олберса, впоследствии развитая Бесселем, а затем Ф.А. Бредихиным, давала следующее объяснение: вещество, образующее хвост, не составляет нечто цельное вместе с головой и ядром кометы, а выбрасывается из ядра и затем летит в небесном пространстве. Аналогию такому явлению мы можем наблюдать на Земле: например, дым паровоза не составляет нечто нераздельное с машиной, а по выходе из трубы движется независимо от нее.

Почему развивается в данном случае отталкивательная сила — это еще не вполне ясно. Что вещество отталкивается какою-то силою, в этом нет никакого сомнения: хвосты комет всегда направлены в сторону, противоположную Солнцу. Так как, кроме того, хвосты комет лежат в плоскостях их орбит, которые все проходят через центр Солнца, то мы выводим заключение, что отталкивательная сила, производящая хвосты комет, лежит в центре Солнца. Действительно, это — единственная точка, общая всем кометным орбитам; она лежит в плоскостях всех кометных орбит, и потому, если образование хвоста вызывается действием какой-нибудь силы, то она может лежать только в об-

щей точке, — в центре Солнца. Последний служит центром всех тяготеющих и всех отталкивательных сил. В одной точке совмещаются источники двух противоположных сил.

Если вещество, образующее хвост комет, вытекает из ядра, то сам собою напрашивается вопрос: куда девается это вещество? Затем, как следствие, мы должны предвидеть уменьшение объема комет, которые с течением времени должны рассеяться. Оба вопроса увлекают нас в области астрономии, связанные с гипотезой о мироздании. В начале настоящей главы мы узнали, что образование миров продолжается и будет вечно происходить. Во вселенной нет ни начала, ни конца; все создается, обновляется и развивается; все это происходило, происходит и будет вечно происходить. Таково заключение, к которому нас приводит изучение комет.

**Большая комета Донати 1858 г.** 1858 год был очень богат кометами: их было открыто восемь. Первая комета открыта Тетлем в американском Кембридже, вторая — Виннеке в Бонне, третья — тем же Тетлем, четвертая и пятая — Брунсом в Берлине, шестая — Донати во Флоренции, седьмая — опять Тетлем и восьмая — профессором Ферстером в Берлине; последняя — периодическая комета Энке. Весь год стояла хорошая погода, небо было ясное, и астрономы проводили в обсерваториях целые ночи напролет.

Комета, открытая Донати 2 июня 1858 г., достигла такого блеска и величины, какого не запомнят астрономы: столь блестящей кометы до этого в девятнадцатом столетии не видели. Хвост кометы Донати (рис. 39), развернутый веером, охватывал дугу в 65 градусов. Кометою можно было любоваться с конца августа до начала декабря: особенною красотою она отличалась в начале октября; даже полная Луна не умаляла ее блеска. К ней все привыкли, и многие сожалели, когда в начале декабря она стала быстро блекнуть и затем исчезла.

Комета Донати выкинула два хвоста, один почти прямолинейный полый конус, ограниченный отчетливыми краями, и другой хвост изогнутый и имевший форму громаднейшего опахала. Тщательно зарисованные очертания хвостов донатиевой кометы дали впоследствии материал для изучения причин и порядка их образования. Астрономам пришлось разобрать следующие вопросы: почему у одной кометы два хвоста? Почему они резко отделяются один от другого? Почему между ними остается значительное пространство, никаким светящимся веществом не занятое?

Из рассмотрения некоторых комет, появившихся в девятнадцатом столетии, пришли к заключению, что хвосты могут образоваться только вследствие отталкивательной силы, исходящей из Солнца. Анализ явления образования кометных хвостов указывает нам, что форма хвоста зависит от отталкивательной силы: каждому значению ее соответствует особый вид хвоста.

Если обратное решение этого вопроса дает нам возможность, по виду хвоста, сделать заключение об отталкивательной силе, то проблема все-таки не может считаться окончательно решенной; остается еще открытым вопрос: почему у одной и той же кометы появляются хвосты различного вида; иными словами: почему появляются отталкивательные силы различного напряжения?

Если у какой-нибудь кометы образовались два хвоста, то с физической точки зрения нет никакого сомнения, что причина различия отталкивательных

сил, их создавших, лежит не в Солнце, а в комете, и именно в различии вещества, послужившего для образования хвостов. Только различное вещество может вызвать различные отталкивательные силы, образующие в свою очередь различные хвосты. Одно вещество, как имеющее более легкий атомный вес, отталкивается с большею силою, а другое, более тяжелое, — с меньшей силой. Итак, по величине отталкивательной силы мы определяем вид хвоста; затем по виду хвоста данной кометы мы определяем величину отталкивательной силы, и, наконец, по последней получаем некоторые данные о строении вещества, из которого хвост состоит. Мы имеем в данном случае замечательный пример анализа, в котором геометрические условия

дают указания на внутреннее содержание и химическое строение небесного светила.

Комета Донати наблюдалась многими астрономами во многих обсерваториях. Наблюдения охватывали промежуток времени в 275 дней; последним наблюдал ее Меклир на мысе Доброй Надежды. Из всех наблюдений выведен период обращения кометы вокруг Солнца; он оказался громадным, а именно — 1950 лет. Конечно, это число может быть ошибочно на несколько лет, но, вероятно, оно не меньше 1925 и не более 1975 лет. Ближайшее ее появление ожидается в 3808 г.

**Комета Биелы.** Слабенькая комета, открытая австрийским майором Биела в Иозефштадте 27 февраля 1826 г., заняла выдающееся место в науке, благодаря удивительным явлениям, в ней

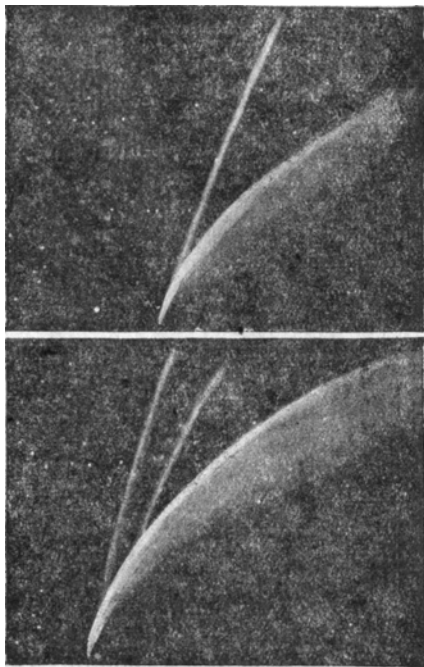


Рис. 39. Комета Донати 1858 г.



происшедшим. Она появилась как одинокое, обособленное светило, затем раздвоилась и исчезла; после этого мы с нею встретились, но она тогда уже приняла совершенно иной вид: она явилась нам чудесным дождем падающих звезд. Ничего подобного до нее мы не знали. Комета Биела раскрыла нам новые горизонты, указала на новые явления, могущие происходить в небесных мирах, представила возможность вполне точно определить строение комет и, в заключение, подарила астрономам кусочек своего вещества.

Вот об этой комете я и желал бы сообщить имеющиеся в науке сведения.

Прежде всего замечу, что Биела был скорее любитель астрономии, чем специалист; астрономы глубоко благодарны ему за его блестящее открытие.

В деле разыскания комет, как читатель убедился, любители и друзья астрономии могут оказать великие услуги. Мы имеем много примеров, когда кометы открывались неспециалистами; но при всем том любители открывали их не случайно, а методически разыскивали, и в этом отношении они были мастерами своего дела. Совершенно случайные открытия комет крайне редки и относятся только к блестящим кометам, появлявшимся в давнопрошедшие времена.

Когда были определены элементы орбиты кометы и сравнены с элементами орбит прежде появлявшихся комет, то оказалось, что две кометы прежнего времени имеют элементы, сходные с элементами кометы Биела, — это кометы 1772 и 1805 гг.; их тождественность, однако, не могла быть с точностью удостоверена до открытия Биелы, потому что наблюдения над кометою 1772 г. оставляли желать многого. Когда же Биела открыл комету в 1826 г. и когда выяснилось, что все три кометы движутся по одному и тому же пути, явилась возможность определить время обращения кометы вокруг Солнца; оно оказалось 6,6 года.

Французский астроном Дамуазо занялся предвычислением будущего появления Пометы Биела; он предсказал ее прохождение через перигелий, т. е. через ближайшую к Солнцу точку, на 27 ноября 1832 г. Комета, действительно, появилась и была наблюдаема. Она прошла через перигелий не 27 ноября, а 26, — только днем раньше против предсказанного времени. Ничего особенного по своей внешности комета не представляла; она была телескопическая, небольшая, как и в прежние свои появления.

Следующее затем приближение кометы Биела к Солнцу состоялось в 1839 г., но в этом году она все время оставалась в лучах Солнца и вследствие этого не могла быть видима. Таким образом, третье появление, считая со времени открытия кометы Биелой, для нас пропало. Четвертое появление ожидалось в 1845 г. В ноябре этого года ее открыли в Риме и в Берлине. Через месяц после ее открытия она представила замечательное

явление: она раздвоилась (рис. 40). Факт раздвоения был открыт в Америке. В Европе узнали об этом только в январе 1846 г.

В мае 1846 г., когда комета уже скрылась от взоров астрономов, появились вопросы и гипотезы. Что за причина раздвоения кометы? Является ли дробление следствием внешних причин, или, напротив, внутренних, например взрыва? Будет ли расстояние между кометами-близнецами постепенно увеличиваться, или же они будут обращаться около общего центра тяжести, не прекращая своего движения вокруг Солнца? Их сравнивали с Землей и Луной, которые, будучи связаны навеки силою тяготения, обращаются вместе вокруг Солнца.

Вот вопросы, которые сами собой напрашивались, и на которые не было тогда ответа. Факт дробления кометы наблюдался впервые; он поражал астрономов своею необычайностью: он шел в разрез со всем тем, что известно было в науке о небесных светилах. Некоторые трусливые умы обобщали явление и распространяли его на Землю, полагая, что и она может лопнуть и раздробиться на части. Мы знаем теперь, что аналогии между Землей и кометою нельзя провести, и можно быть совершенно спокойным насчет Земли: она не раздробится и не разлетится на куски, ибо не имеет такого устройства, как комета.

Вопросы о комете Биела были поставлены и требовали своего разрешения. С нетерпением ждали астрономы нового ее появления в 1852 г.

В 1852 г. кометы-близнецы представляли удивительные изменения своего блеска: то одна из них была ярче, то другая. Расстояние между ними увеличилось. Не было никакого сомнения, что из кометы Биела образовалось два совершенно независимых светила: одно шло впереди, а другое следовало за ним. Изменение блеска комет затрудняло точное изучение их движения: явилась некоторая неопределенность при сравнении наблюдений 1846 г. с наблюдениями 1852 г.

Прошей и 1852 год, а несколько вопросов все-таки оставались открытыми, нерешенными. Главный вопрос — о причине раздвоения кометы — остался без ответа. Волей-неволей пришлось предоставить времени решение вопроса и ждать, не представят ли будущие наблюдения некоторые данные для освещения непонятного нам явления. Комета должна была появиться в 1859 г. Астрономы вооружились терпением: они занялись предвычислением ее будущего появления. Вычисление должно было быть произведено с величайшей точностью, иначе можно было опасаться не открыть кометы в 1859 г. Но в 1859 г. кометы не удалось

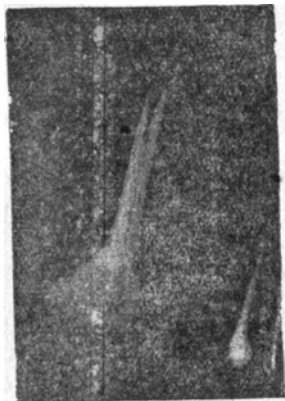


Рис. 40. Двойная комета Биела в 1846 г.

видеть вследствие невыгодного ее положения относительно Солнца: во время своего приближения к Земле она оставалась в солнечных лучах. Пришлось отложить решение вопроса еще на семь лет и ждать 1866 г., когда комета должна была опять вернуться к Солнцу.

Предсказать точное положение кометы при ее появлении через два оборота — дело не особенно легкое и простое. Для этого необходимо прежде всего определить наиточнейшим образом значение элементов орбиты кометы, затем вычислить тяготение кометы, — в данном же случае двух комет, — ко всем большим планетам и после того, как это будет сделано, вычислить видимое положение кометы для целого ряда дней. За эту работу взялся профессор Юрьевского (Дерптского) университета Клаузен. Кометы разыскивались на указанных Клаузенем местах, но тщетно: они не были видны. Кометы исчезли бесследно. Вместо разрешения томивших астрономов вопросов явилось новое осложнение: кометы исчезли.

Для уяснения вопроса об участии комет пришлось взяться не за телескоп, а за теоретические исследования.

Орбита кометы Биела пересекает земную орбиту в той точке, где Земля ежегодно бывает 27 ноября; если, следовательно, комета вступит в эту точку 27 ноября, то там будет Земля; произойдет встреча Земли с кометою или, лучше сказать, с ее остатками, так как комета исчезла.

В 1872 г. ожидалось вступление остатков кометы Биела в описанную точку пересечения орбит Земли и кометы 27 ноября по новому стилю. В этот день в обоих полушариях падающие звезды наблюдались в таком изобилии, что не успевали их сосчитать. Явление было названо звездным дождем. Все астрономы, имевшие возможность наблюдать это явление, с восторгом описывают его; небо буквально горело от блестящих путей падающих звезд. Зарисованные пути все казались выходящими из одной точки, лежавшей в созвездии Андромеды. Произведенными расчетами доказано, что если бы комета была видна, то она именно появилась бы в той же самой точке; таким образом, не было сомнения, что наблюдаемые падающие звезды являлись остатками кометы Биела и что Земля погрузилась в метеорный поток, образовавшийся из кометы. В этом явлении мы нашли доказательство нового явления: разложения кометы в метеорный поток.

Обращение кометы Биела вокруг Солнца несколько превышает  $6\frac{1}{2}$  лет; двойной оборот несколько превышает 13 лет. Вследствие этого можно было предполагать, что через два оборота после 1872 г., именно в 1885 г., когда 27 ноября Земля вступит в точку пересечения орбит, она снова встретится с остатками кометы Биела, вытянувшимися в довольно длинный метеорный поток, и мы снова будем зрителями великолепного небесного явления — звездного дождя. И действительно, 27 ноября 1885 г.,

начиная с 7 часов вечера, в Петербурге и во всем северном полушарии можно было любоваться необычайным количеством падающих звезд. Явление было до такой степени красиво, что на улицах прохожие останавливались, засматриваясь на игру небесных огней; все любовались чудным явлением и задавали себе вопрос о причине его.

Следующая встреча с потоком могла бы состояться в 1898 г., но столь эффектных явлений, какие удалось наблюдать в 1872 и 1885 гг., не произошло. Должно быть, метеорный поток переместился по орбите и прошел через земную орбиту или до 27 ноября, или же после этого числа.

Сводя все описанные наблюдения над кометою Биела, мы отмечаем следующие замечательные моменты: комета, бывшая одинокою, раздвоилась и исчезла, — исчезла для нас оттого, что разложилась в метеорный поток и стала невидимою; Земля встретила с потоком 27 ноября 1872 и 1885 гг. и в это время наблюдались обильные звездные дожди.

Астрономы нисколько не сомневаются в тождестве между кометою Биела и звездными дождями 1872 и 1885 гг.; они не сомневаются, потому что падающие звезды этих годов двигались по той же самой орбите, по которой двигалась и комета Биела. Невероятно, чтобы многие тела случайно двигались в безграничной вселенной по одной и той же орбите. Астрономы стали более интересоваться вопросом о том, нельзя ли будет когда-нибудь поднять метеорит, входивший в состав кометы Биела; всего вероятнее было бы найти подобный метеорит 27 ноября 1872 или 1885 гг. Тогда, произведя химический анализ кусочка кометы Биела, возможно было бы иметь вполне определенное представление об ее составе.

Такой случай представился в 1885 г.

В 9 часов вечера 28 ноября 1885 г. в городе Мазапиле, в Мексике, был поднят небесный камень, упавший на землю на глазах многих случайных зрителей. Метеорит был доставлен профессору И. Бонилла, директору Мексиканской обсерватории в Закатекасе, и подвергнут химическому анализу. Вес поднятого куска кометы Биела равен 4,09 кг, часть его находится в знаменитой коллекции Венского естественно-исторического музея.

В метеорите оказались железо, углерод, натрий, магний и никель, — те же вещества, которые встречаются и на Земле.

Таким образом развивалось изучение кометы Биела; астрономам удалось проследить последние стадии жизни этого небесного светила и даже достать от него небольшой кусочек.

Начав с изучения отдельных явлений, представляемых кометами, мы пришли к уяснению новых сторон мироздания. Невольно вспоминаются слова, сказанные Галилеем: «Природа любезна; наблюдайте небесные явления, и вы познаете их тайну: книга вселенной раскроется перед вами».

**Комета Морхауза 1908 г.** С этой исключительной кометой нашего столетия связана новая эра в изучении строения комет. Несколько необычно и само открытие этой кометы. Молодой практикант Морхауз, на одной из первых пластинок, которые он самостоятельно снял с помощью фотографического телескопа-астрографа, заметил туманное пятно, которое после проверки и оказалось кометой. Комета Морхауза была третьей кометой 1908 г. Когда после нескольких дней наблюдений была определена ее орбита, она оказалась параболической. Но не своим движением оказалась замечательна эта комета, обессмертившая имя доселе никому неизвестного молодого человека. С этой кометой связано наибольшее число исследований над вопросом физического строения и структуры комет. Для глаза комета Морхауза не представляла ничего особенного. Она не была яркой и только короткое время была видна невооруженным глазом, оставаясь на пределе видимости. Однако, комета оказалась очень удобной для наблюдений с помощью фотографии.

Это была первая комета, спектр которой фотографировали многие астрономы. За год до открытия кометы Морхауза выяснилось, что со светосильным фотографическим аппаратом, перед объективом которого поставлена призма, можно получить фотографию спектра комет, и не только головы кометы, что делалось и раньше, но и ее хвоста. Сфотографировав таким образом спектр кометы Даниеля 1907 г., Кретьен, астроном обсерватории в Ницце, был весьма удивлен той необычайной картиной, которую представил спектр хвоста. Это был какой-то, до сего времени неизвестный, спектр, не похожий на все те спектры, которые были известны до этого. Тогда как спектр головы кометы указывал на присутствие там газов циана и углеводорода, спектр хвоста казался необъяснимым.

Понятно, почему с таким интересом почти на всех обсерваториях принялись наблюдать комету Морхауза. Прекрасные фотографии кометы были получены американским наблюдателем Барнардом; спектр ее фотографировали во многих местах — наиболее полные ряды наблюдений были получены французами Бом Плювинелем и Бальде, а в Америке — Кэмпбелем. И тут оказалось, что спектр хвоста кометы Морхауза почти в точности похож на непонятный спектр, наблюдавшийся и годом раньше в комете Даниеля. Астрономы поставили перед физиками интереснейшую загадку, которая вскоре же была разрешена.

Уже в 1909 г. известный английский спектроскопист Фоулер, пересматривая свои старые пластинки, наткнулся на один спектр, чрезвычайно напоминавший спектр кометы Морхауза. Фоулеру пришлось много повозиться, чтобы выяснить, при каких условиях была получена его пластинка, и вновь воспроизвести опыт в лаборатории. В результате этого последовало замечательное открытие: в точности такой же спектр, как у комет, дает окись углерода (так называемый угарный газ), если она находится

в чрезвычайно разреженном состоянии. Отныне астрономы знают, что кометные хвосты по преимуществу образуются из этого газа, который находится в так называемом ионизированном состоянии (когда его молекулы приобретают положительный электрический заряд).

Но не только этим открытием астрономия обязана комете Морхауза. На прямых фотографиях кометы в ее хвосте было подмечено много деталей, изучение которых пролило новый свет на строение комет. Сравнение последовательных фотографий указало на присутствие в хвосте отдельных облакообразных сгущений, которые быстро двигались от головы кометы, подгоняемые отталкивательной силой Солнца (рис. 41). По их движению можно было найти величину этой силы — она оказалась огромной, в сотни раз больше обычной силы солнечного притяжения.

Сам хвост оказался состоящим как бы из отдельных струек или лучей, тоже показывающих быстрое перемещение. И когда здесь попробовали оценить отталкивательную силу Солнца, пользуясь теорией Бредихина, то она оказалась в тысячу раз больше силы тяготения. Все это было ново и чрезвычайно расширяла наши представления о строении комет.

**Комета Галлея.** После того, как Эдмунд Галлей в 1682 г. установил периодичность кометы, которая в дальнейшем стала носить его имя, многие выдающиеся астрономы и математики занимались изучением ее движения. Исключительный интерес, который она вызывала, понятен — это была первая комета с выясненным периодом обращения, равным в среднем 76 годам. На основании изучения записей в древних летописях и по различным историческим памятникам удалось проследить многие прежние появления этой замечательной кометы. Имеются несомненные указания на появления кометы Галлея еще во времена до начала нашей эры.

В предпоследнем своем возвращении к Солнцу в 1835 г. комета Галлея послужила Бесселю предметом его классического исследования, в котором были развиты основные положения теории, объяснившей строение головы и хвоста комет. Эта механическая теория кометных форм была позже пополнена и усовершенствована нашим знаменитым ученым Бредихиным. С исключительным интересом поджидал весь астрономический мир следующего возвращения кометы в 1910 г. Длительные вычисления точно установили, когда должно произойти приближение кометы к Солнцу, и нужно сказать, что предсказание оказалось очень близким к действительности. Ничтожная ошибка в 3 дня в определении момента прохождения кометы через перигелий не могла омрачить триумфа астрономов. Ведь здесь пришлось проследить вперед весь путь кометы за 76 лет, не видя ее и находясь буквально за письменным столом. Вот пример силы и могущества науки!

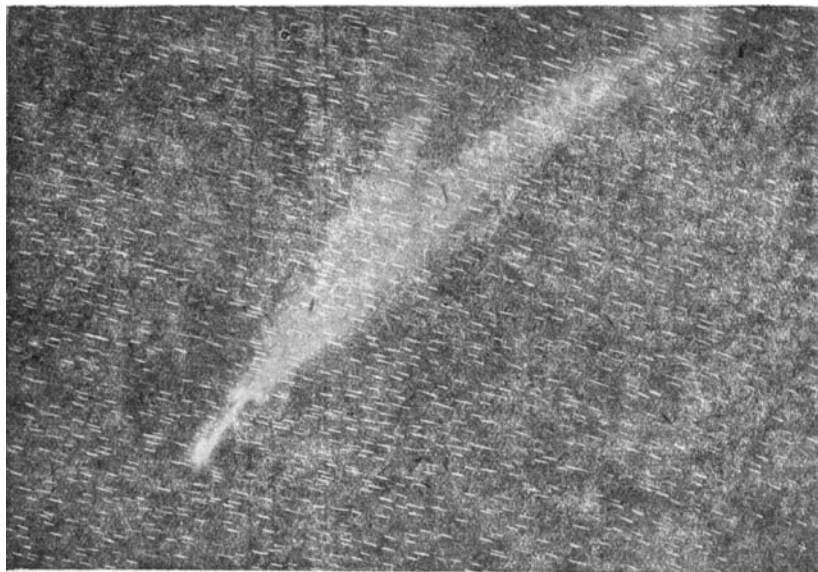


Рис. 41. Изменения вида хвоста кометы Морхауза по фотографиям 15 и 16 октября 1908 г.

Комета была открыта еще в 1909 г. весьма недалеко от предсказанного места на небе. Вначале она была видна как слабое туманное пятнышко. Комета наблюдалась на всех обсерваториях, где это было возможно. Интерес к пей был настолько велик, что был организован ряд специальных экспедиций в такие места, откуда наблюдать ее было наиболее удобно. Снабженные специальными инструментами, эти экспедиции, так же как и постоянные обсерватории, произвели массу наблюдений и получили



Ф. А. Бредихин

множество фотографий кометы, которые дали полную историю всего, что происходило с кометой в это последнее ее появление. По мере приближения к Солнцу комета становилась все ярче; у нее развивался хвост, который достиг исключительной длины (рис. 42).

Начавшаяся в 1914 г. империалистическая война задержала полное изучение полученных наблюдателями материалов. Только в последние годы такое исследование было проведено и дало массу новых фактов, поставило новые вопросы, которые должно будет разрешить дальнейшее изучение комет.



Строение кометы Галлея оказалось очень сложным. Ядро кометы окружал последовательный ряд оболочек, быстро образовывавшихся в рассеивающихся. В некоторых местах головы появлялись, двигались и быстро пропадали отдельные облачные сгущения. Облачные массы неслись в хвосте, и иногда их движение было очень причудливо. Голова кометы была окружена подобием слабых венцов — галосами, некоторые из которых как бы расширялись, указывая на постоянные взрывы и выбрасывание вещества из ядра кометы.

Много интересных особенностей дало изучение спектра кометы. Быстрые изменения в комете находили свое отражение и в изменениях ее спектра.

В июне 1910 г. комета была недалеко от Земли, причем Земля должна даже была пройти через хвост кометы Галлея. Астрономы ожидали подметить в это время интересные явления, а среди населения циркулировали даже слухи о возможной катастрофе в результате «столкновения Земли с кометой», кликуши и церковники, воспользовавшись этим, распространяли панические, и как всегда вздутые, слухи и небылицы, стараясь «заработать» и на комете. Но все ожидания были напрасны. Ровно ничего необычного не наблюдалось в тот момент, когда Земля пронизывала хвост кометы Галлея. Это еще наилучшим образом подтвердило всю исключительную разреженность и «эфемерность» кометных хвостов.

**Комета Швассмана-Вахмана.** В 1927 г. астрономы наблюдали много комет, большинство из них были очень слабые объекты, которые можно было видеть, лишь пользуясь большими астрономическими трубами. В этом году возвращались к Солнцу раньше уже известные короткопериодические кометы Энке, Понс-Виннеке, Шомасса, Григг-Скелерупа. Яркость их в большинстве случаев не превосходила одиннадцатой-двенадцатой величины. Ряд новых слабых комет был открыт в течение года с помощью фотографии.

Поздно осенью, 15 ноября, два наблюдателя одной из крупнейших германских обсерваторий в Бергедорфе, близ Гамбурга, Швассман и Вахман заметили на только что ими снятой пластинке слабое туманное пятно. Это была комета, девятая комета, очень слабая, тринадцатой-четырнадцатой величины, и обладавшая совершенно незначительным собственным движением.

Сейчас же об открытии телеграфно были оповещены все обсерватории мира. Уже давно у астрономов существует специальный центр, задача которого состоит в извещении обсерваторий об открытиях и небесных явлениях, требующих срочных наблюдений. Долгое время такой центр находился в Киле в Германии,, а в настоящее время все телеграммы идут из Копенгагена, из Копенгагенской обсерватории за подписью известного датского астронома профессора Стремгрена. Согласно решению Международного астрономического союза на Копенгагенскую обсер-

ваторию возложена задача быстро оповещать весь астрономический мир обо всем новом, что наблюдается на небе.

Новая комета, открытая Швассманом и Вахманом, была так слаба, что ее можно было наблюдать только в самые мощнейшие инструменты. До 28 декабря за ней следили в Бергедорфе, и последнее наблюдение в 1927 г. было получено 29 декабря наиболее ревностным из современных наблюдателей комет — Ван-Бисбреком — на Иеркской обсерватории в Америке.

Однако этих первых наблюдений было недостаточно, чтобы определить путь кометы вокруг Солнца. Наблюдения продолжались и в 1928 г. и в последующие годы. И здесь выяснились замечательные особенности движения кометы, совершенно выделяющие ее среди других комет.

Оказалось, что комета Швассмана-Вахмана периодическая, она делает один оборот вокруг Солнца в  $16\frac{1}{3}$  года. Но главное это то, что она движется очень далеко от Солнца, находясь все время за орбитой Юпитера. В перигелии ее расстояние от Солнца равно 5,4 астрономических единиц. Орбита очень мало вытянута и близка к круговой; она может быть скорее названа планетной, чем кометной орбитой. Комета Швассман—Вахмана обладает самым малым среди других комет эксцентриситетом. В результате этого комета может наблюдаться в любой точке своей орбиты, и, например, летом 1933 г. комета наблюдалась Ван-

Висбреком вблизи своего афелия, когда расстояние кометы от Солнца было больше 7 астрономических единиц. Таким образом, непрерывные наблюдения кометы ведутся уже более 8 лет, что является рекордом и в то же время весьма важно для изучения этой замечательной кометы.

Помимо выдающихся особенностей орбиты, комета оказалась чрезвычайно интересной и по своим физическим данным, благодаря наблюдающимся у нее сильным колебаниям яркости.

Еще в 1930 и в 1932 гг. Ван-Бисбрек, который постоянно следит за этой кометой, заметил, что в течение нескольких дней яркость кометы иногда возрастает, или убывает во много раз. В течение последующих лет это же наблюдалось неоднократно.

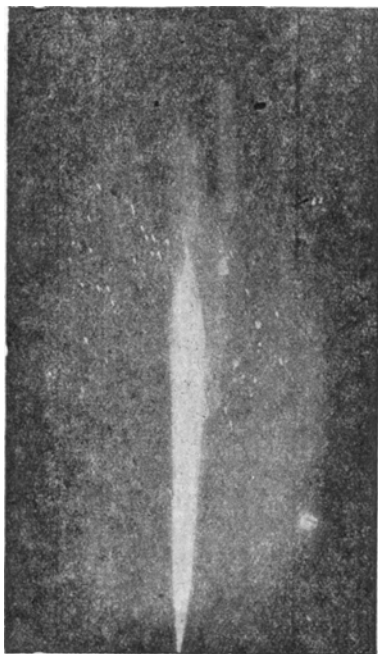


Рис. 42. Комета Галлея в 1910 г.

Например, в 1933 г. 22 апреля комета была двенадцатой величины, через четыре дня, 26 апреля, ее яркость упала до четырнадцатой величины." В январе этого же года яркость кометы неожиданно возросла с семнадцатой до двенадцатой величины, т. е. почти в сто раз. С 27 марта по 7 апреля 1935 г. произошло так же быстрое возгорание с 17,5 до пятнадцатой величины.

Причины таких быстрых изменений блеска остаются еще неизвестными. По-видимому, они отражают бурные процессы, происходящие в комете, внутренние взрывы и т. п. Этой интереснейшей комете еще предстоит пролить свет на многие загадочные вопросы строения комет и на вопрос о происхождении комет.

## 2. ПОИСКИ КОМЕТ

В древности комет не разыскивали и не особенно старательно их наблюдали. В первое время после изобретения телескопа комет также не разыскивали, а открывали их, как и в древности, случайно. Правильные поиски комет начались собственно с конца восемнадцатого столетия, когда французский астроном Месье стал систематически заниматься этим делом.

Месье (Messier), родом из Бадонвилль в Лотарингии, жил в 1730 по 1817 г. Первоначальное его образование было весьма скудное. Поступив переписчиком к известному астроному Делилю, он заинтересовался астрономией и стал ее изучать. Деятельность всей его дальнейшей жизни определилась в первый же год его пребывания у Делиля: начав службу переписчиком, он стал затем помощником Делиля, изучал астрономию, наблюдал небесные светила и сделался астрономом-наблюдателем. Современники оценили его познания: он был назначен астрономом Морского ведомства, членом Бюро долгот и, наконец, удостоился высшей чести — избрания в члены Парижской академии наук.

Любимым занятием Месье было наблюдение туманных пятен; он же составил первый их список. Наблюдая туманные пятна в безлунные ночи (при луне многие туманные пятна не видны), он открыл несколько комет, за которыми и до настоящего времени сохранено имя Месье.

После Месье за систематические поиски комет принимается сестра великого астронома В. Гершеля — Каролина Гершель.

К. Гершель родилась в 1750 г. в Ганновере, где ее отец служил музыкантом в одном из гвардейских полков. Любовь к астрономии она получила еще в детстве от своего отца. Всю жизнь она помнила, как однажды, в темную, но ясную ночь отец вывел ее на улицу смотреть комету и при этом знакомил ее с различными созвездиями. В 1772 г. она переехала к своему брату Вильгельму Гершелю в Баз и до его смерти была его помощницей по астрономическим наблюдениям. В Базе В. Гершель был органистом, давал уроки музыки, а в остальное время изготовлял зеркала для

телескопов. Повидимому, заработки В. Гершеля не были особенно блестящие, но случайное открытие Урана выделяет его в ряды знаменитостей, а английский король Георг II назначает знаменитому Гершелю пожизненную пенсию в 8000 рублей и дарит ему поместье в Слоу (Slough) для устройства обсерватории. С этого времени Гершель посвящает свою деятельность исключительно астрономии, а сестра помогает ему во всех его наблюдениях. Вместе с тем она производит правильные осмотры неба с целью разыскания комет. В ее распоряжении был небольшой рефлектор, сделанный ею самою при содействии брата. Систематические наблюдения этим скромным инструментом начинаются с 22 августа 1782 г. Целый год проходит, и ни одной кометы она не открывает. Зато она открывает 14 туманных пятен.

После краткого перерыва в наблюдениях вследствие повреждения ноги при падении во время наблюдений с братом, она опять возвращается к поискам комет, и только в 1786 г. ей удается открыть первую комету; далее работа идет успешнее, и до 1797 г. она открывает восемь комет. За эти открытия она удостоилась награждения золотою медалью от Лондонского астрономического общества.

Особенно интересна комета, открытая К. Гершель 7 ноября 1795 г.; комета оказалась периодической, совершающую свое обращение вокруг Солнца в  $1\frac{1}{3}$  года; в науке она известна под именем кометы Энке; ученый Энке приложил много труда к изучению ее движения.

До К. Гершель эта комета была наблюдаема в 1786 г.; она была открыта Мешеном 17 января и затем была наблюдаема только 19 января Мешеном и Месье; ее тождество с кометою Энке было установлено Энке лишь впоследствии — в 1819 г., во время ее четвертого появления. При третьем и четвертом появлениях она была открыта известным «ловцом комет» Понсом в Марсели 19 октября 1805 г. и 26 ноября 1818 г. Как скоро были определены элементы ее орбиты, то оказалось, что элементы трех комет—1795, 1805 и 1818 гг. — являются тождественными между собой, а потому комета принадлежит к числу периодических; вычисленный период оказался равным  $3\frac{1}{3}$  года. Энке, определив элементы, мог вычислить положение кометы для 17 и 19 января 1786 г. и убедился, что вычисленные положения совпадают с наблюдениями Мешена и Месье, а потому он имел основание утверждать, что открытая в 1786 г. Мешеном комета — не что иное, как комета Энке.

Энке приложил много труда и времени для изучения движения этой кометы; во внимание к его заслугам потомство назвало комету, открытую К. Гершель в 1795 г., кометою Энке. Изучая движение кометы, Энке заметил особенное, в высшей степени интересное явление, выражающееся в том, что период обращения с каждым ее появлением уменьшается, чего, в сущности, не должно быть. При уменьшении периода обращения умень-

шается и большая полуось орбиты (3-й закон Кеплера) и, следовательно, уменьшаются все размеры орбиты. Если период обращения, а вместе с ним и размеры эллипса будут постоянно уменьшаться, то не дойдет ли уменьшение до того, что комета, наконец, упадет на Солнце. Изучение этого вопроса повело к уяснению причин уменьшения периода обращения кометы Энке,— предмета в высшей степени интересного, которым занимались многие астрономы, главнейшим же образом сам Энке.

Сам Энке считал, что причина заключается в сопротивлении движению кометы некоторой среды, которой наполнено про-

странство нашей солнечной системы. Известный русский ученый академик Баклунд своими блестящими работами о комете Энке установил, что уменьшение периода не идет постепенно, но происходит скачками. Это еще более затруднило ответ на вопрос о причине такого явления. Всего вернее, что в комете происходят какие-то взрывы, в результате которых несколько меняется ее орбита.

После смерти своего брата К. Гершель возвратилась в Ганновер в 1822 г., где и оставалась до конца своих дней. К. Гершель скончалась 9 января 1848 г. в возрасте 98 лет.

Открытием комет прославился также Понс, живший с 1761 по 1831 г. До 1813 г. он был помощником директора Мерсельской

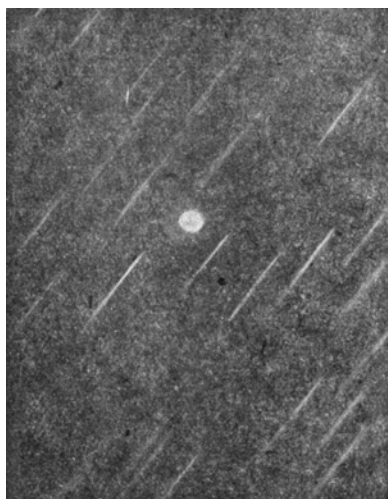


Рис. 43. Комета Энке в 1924 г.

обсерватории, затем директором обсерватории Марлиа близ Лукки, к западу от Флоренции, и, наконец, в 1825 г. директором Флорентийской обсерватории. Поисками комет он занимался систематически; в период времени с 1801 по 1827 г. он открыл их не менее 37; в том числе дважды — известную комету Энке при ее третьем и четвертом возвращении. Понс открыл также известную короткопериодическую комету, которая носит теперь имя Понс — Виннеке, и имеет период в 6 лет, и комету с большим периодом, совершающую свое обращение вокруг Солнца в  $71\frac{1}{2}$  год; последний раз эту комету наблюдали в 1884 г.; ближайшее ее появление ожидается в 1955 г. Наибольшее число комет открыто Понсом в его бытность в Марселе.

Самым счастливым искателем комет следует признать Донати. В 1858 г. 2 июня он открыл комету, которая достигла необычайного блеска и выдающейся красоты. Так как в то время еще не

было трансатлантического кабеля, и пароходные сообщения не были такими правильными, как в настоящее время, то заатлантические астрономы не знали об открытой Донати комете, а потому она была открыта независимо следующими астрономами: 28 июня Тетлем в американском Кембридже, 29 июня Пакхерстом в Порт-Амбое и 1 июля Мичель в Нантуки.

Счастливым искателем комет должен считаться также австрийский майор Биела, открывший знаменитую комету, носящую его имя; он открыл ее 27 февраля 1826 г.; ту же комету, независимо от Биелы, открыл и французский астроном Гамбар, но на 10 дней позже Биелы.

Из числа астрономов последнего времени, выдающимся искателем комет был американец Левис Свифт. Жизнь его весьма поучительна.

Свифт был жестяником в Рочестере, одном из маленьких городов штата Нью-Йорка. По окончании работы он занимался изучением астрономии, и в этом занятии он находил отдохновение от своих ежедневных трудов. Занимаясь с увлечением астрономией, он вместе с тем не покидал своих занятий по мастерской, так как они доставляли ему заработок. Вечером после ужина он удалялся в свою комнату садился у окна и проводил целые часы, а иногда и целые ночи за изучением звезд и осмотром неба. Сначала у него были очень скромные средства наблюдения — небольшая труба и два небольших вспомогательных инструмента, но впоследствии на сбережения он позволил себе большую роскошь и приобрел хороший телескоп. Этим телескопом ему посчастливилось произвести первое открытие: он разыскал новую, прежде неизвестную, комету; он хранит, как воспоминание, тот скромный телескоп, которым он открыл первую комету. Это открытие выдвинуло Свифта. За первым открытием следовало второе, третье... Он слышал похвалы от астрономов всего света, а Парижская академия наук наградила жестяника-астронома медалью за открытие кометы.

В это время в Рочестере жил купец по имени Г. Г. Варнер. Этот Варнер живо заинтересовался нашим астрономом и желая связать свое имя с именем человека, ставшего всемирной известностью, выстроил на свой счет, на лучшей улице Рочестера, прекрасную обсерваторию, приобрел для нее ценные инструменты, а рядом с обсерваторией воздвигнул домик, в который и водворил «господина профессора Свифта». Не имея более необходимости заниматься делом жестяника для своего пропитания, Свифт предан всецело изучению астрономии и отличился открытием нескольких комет и многих туманных пятен.

Рочестер увеличивался, богател и освещался электричеством. Заметив, что электрическое освещение городских улиц мешает его астрономическим наблюдениям и что вследствие этого он стал меньше открывать комет, Свифт решил выехать из города и стал искать более подходящего для астрономических целей

места, где бы воздух был чище, небо прозрачнее и звезды ярче; он направился в горы и в живописной Калифорнии на вершине горы «Горное эхо», возле города Пасадены, нашел то, что искал. На средства того же Варнера Свифт выстроил там обсерваторию; он был очень доволен своим выбором и продолжал там заниматься астрономией. После пожара обсерватории «Горное эхо»



Левис Свифт

в 1903 г. Л. Свифт переселился сначала в Rochester, а затем в Mарафон, в штате Нью-Йорк. В первом году по переезде в Rochester он открыл шесть комет, производя наблюдения на крыше водяной мельницы.

Первая комета открыта Л. Свифтом в 1835 г., когда ему было всего 15 лет; это была комета Галлея; он открыл две периодические кометы и много параболических.

За открытие комет Л. Свифту присуждено много медалей; мы приводим здесь фотографию некоторых из них; особенно

изящна медаль Лондонского королевского астрономического общества с изображением В. Гершель (рис. 44).

Сын Л. Свифта — Эдуард Свифт тоже открыл несколько комет, из них одна периодическая; эта комета была открыта итальянским астрономом де-Вико в 1844 г.; но с тех пор ее ни разу не наблюдали, и только в 1894 г. Э. Свифт в обсерватории «Горное



Рис. 44. Медали, присужденные Л. Свифту за открытие комет.

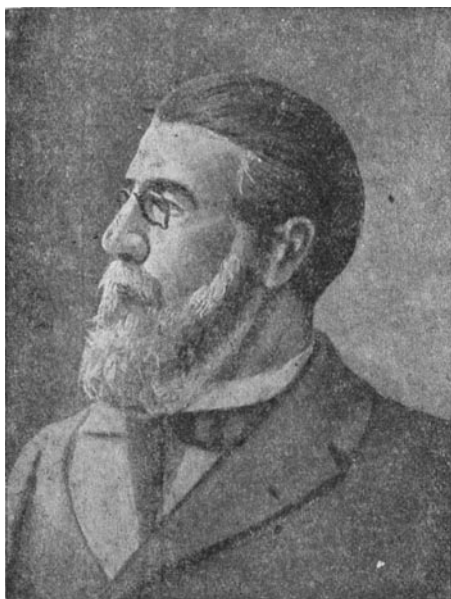
эхо» открыл ее совершенно независимо при ее вторичном появлении.

Из других искателей комет всего более известен Вильям Бруксу ему посчастливилось открыть 25 комет, из них три периодические. Брукс сам изготовлял вначале свои инструменты; его первая обсерватория была построена в Женеве штата Нью-Йорк. В разыскании комет он побил рекорд: бывало, что в течение четырех дней он открывал две кометы, в течение месяца — три кометы, причем все три, носящие его имя, были видимы одновременно. Бывали также случаи, что четыре кометы, появившиеся подряд, были открыты Бруксом в Женеве, а однажды в течение года он открыл пять комет. Американцы по справедливости называли его чемпионом искателей комет.



Брукс, Деннинг, Вельс и другие соединили навеки свои имена с открытыми ими кометами.

Астрономы, занимавшиеся во второй половине прошлого столетия систематическими поисками комет, даже с весьма примитивными наблюдательными средствами (небольшой кометискатель, т. е. более светосильный, чем обычно телескоп), добивались прекрасных результатов. В семидесятых годах прошлого столетия десятками открывали кометы — известный Виннекс



В. Брукс

в Страсбурге, Борелли и Коджия в Марселе. Счастливейший «ловец комет» Свифт также пользовался обычной трубой, обозревая ею определенные участки неба.

Из многих имен открывателей комет мы назовем еще крупнейшего американского астронома Барнарда. Первую свою комету он открыл в 1881 г. Затем в течение 10 слишком лет им было открыто около 20 комет, — считая и ранее открытые периодические кометы. В течение одного 1887 года им были открыты три новые кометы; в 1887 г. Барнард повторил свой рекорд, также открыв три кометы. Если не считать комету, которая наблюдалась во время полного солнечного затмения 1882 г. и была сфотографирована, то первой кометой, открытой при помощи фото-

графии, была комета 1892 I, открытая 12 октября. Ее открыл на пластинке Барнард, работавший тогда на Ликской обсерватории в Америке. На этой крупнейшей в то время американской обсерватории, расположенной в горах солнечной Калифорнии, Барнард получал свои изумительные снимки неба. Одновременно он тщательно следил за всеми доступными ему кометами.

В конце прошлого столетия и в начале настоящего выдвинулось много новых ловцов комет. Особенно много комет этого времени носят имена двух астрономов — Перрена и Джакобини. Перрен тоже установил своеобразный рекорд. В 1896—1897 и 1898 гг. он открыл подряд шесть комет. Среди этих шести две были уже ранее известные короткопериодические кометы Д'Арре и Понс-Виннеке, но это нисколько не отменяет того замечательного обстоятельства, что на протяжении полутора лет (с ноября 1896 г. по март 1898 г.) все шесть появлявшихся комет были открыты одним и тем же наблюдателем.

Джакобини в Ницце, начиная с 1896 г. по 1910 г., почти каждый год открывает минимум одну комету. Некоторые из этих комет очень интересны.

Ряд комет был открыт и советскими астрономами. Наибольшее число открытых комет принадлежит А. Д. Дубяго (в Казани) и проф. Г. Н. Неуймину. Проф. Г. А. Шайн и проф. СИ. Белявский также открыли несколько комет. Все это — симеизские астрономы, которые под прекрасным небом Крыма ведут свои замечательные наблюдения. Умерший до революции русский любитель астрономии Златинский также открыл в 1914 г. комету, носящую его имя.

Современные астрономы усердно разыскивают кометы; владея светосильными телескопами, они открывают кометы, как только последние становятся заметными. При таких условиях разыскание комет невооруженным глазом или даже в бинокль может казаться делом совершенно беспечным. Но если любитель изберет некоторую часть неба для оценки блеска переменных звезд, то попутно с этой задачей ему может выпасть счастье открыть комету. Итак, разыскание комет биноклем не должно рассматривать как самостоятельное занятие для любителя; оно должно быть тесно связано с наблюдением переменных и разысканием новых звезд.

### **3. РИСОВАНИЕ ХВОСТОВ КОМЕТ ОЦЕНКИ ЯРКОСТИ**

В течение периода наблюдения комета не сохраняет постоянной свою яркость. Вследствие ряда причин, из которых некоторые хорошо известны астрономам, но другие еще остаются неясными, видимая яркость кометы изменяется. Чрезвычайно интересно и важно следить за этими изменениями яркости. Это не представляет особого труда, если комета видна невооруженному глазу

или наблюдается в бинокль. Всякий наблюдающий комету получит особое удовлетворение от сознания, что он не только любовался этим интереснейшим явлением, но и подметил такие его особенности, которые более полно характеризуют недолгую гостью, которая снова приблизится к Земле может быть лишь через многие тысячи лет.

Многие астрономы занимались определением яркости комет, но из них мы назовем венского наблюдателя Голечека, который регулярно каждую ясную ночь сравнивал яркость комет в это время находившихся на небе, с яркостью известных звезд. Наблюдения Голечека, а также наблюдения американского астронома Барнарда и его продолжателя Ван-Бисбрека и других позволили установить интересные законы изменения яркости комет. Чем ближе комета к Земле, тем она ярче, чем дальше от Земли, тем она кажется слабее. Таким образом, видимая яркость кометы зависит от расстояния ее от Земли. Астрономы хорошо знают, как учитывать эту зависимость. Но отчего комета светится? Газовый материал, из которого образована голова кометы, конечно, не может светиться сам по себе подобно тому, как на Солнце раскаленные пары светятся и излучают тепло. Комета светится под действием солнечных лучей. Эти лучи возбуждают свечение кометных газов, находящихся, как мы видим, в чрезвычайно разреженном состоянии. Чем сильнее действие солнечных лучей, тем больше комета светится, тем она ярче. Поэтому яркость кометы зависит, и очень значительно, от расстояния от Солнца. В распознавании физических процессов в комете очень большое значение имеет выяснение того, как изменяется яркость кометы при приближении или при удалении от Солнца.

У целого ряда комет, помимо такого закономерного изменения яркости в зависимости от расстояния от Солнца и от Земли, наблюдались быстрые световые колебания. Наиболее замечательны такие колебания в комете Швассмана — Вахмаи; но и у других комет наблюдалось подобное же явление. Например, комета Хольмса, по-видимому, сразу увеличила свою яркость перед тем, как была открыта. Эти быстрые изменения, иногда очень значительные, являются еще не вполне понятными; по-видимому, в комете происходят сильные взрывы, в результате которых из ядра выбрасываются большие количества газового вещества.

Тем более важно и интересно тщательно наблюдать яркость комет; здесь могут быть открыты многие новые явления.

Определять яркость комет можно таким же способом, каким определяется яркость переменных звезд (см. главу X). При этом желательно, однако, производить наблюдения в бинокль, установив последний не по фокусу, так чтобы звезды казались большими размытыми кружками, по возможности похожими на размытый, расплывчатый вид головы кометы. Тогда блеск кометы сравнивается с блеском звезд, звездная величина которых известна.

Хвост блестящей кометы лучше виден невооруженным глазом, чем в телескоп; в последний можно видеть только малую часть хвоста, между тем как глазом наблюдатель сразу охватывает весь хвост. Нанести на карту звездного неба точное положение хвоста (или хвостов кометы) и тщательно зарисовать пределы относительно ближайших звезд — это вовсе не так просто; тщательное же выполнение этой задачи в течение каждого ясного вечера, когда видна комета, явится ценным научным наблюдением.

Для рисования кометных хвостов необходимо иметь хорошую звездную карту: желательно, чтобы она была составлена в гномонической проекции. Положение хвоста должно быть хорошо определено относительно ближайших звезд, которые должны быть найдены на карте; затем следует пунктиром слегка нарисовать хвост и зарисовать и затушевать только, если пунктирный или контурный рисунок удовлетворителен. Во время наблюдения следует пользоваться красным фонарем для освещения карты.

До прохождения через перигелий у кометы 1901 г. был только один хвост; 24 апреля он был прямолинейным, первого типа. 5 мая у кометы было два хвоста, причем один из них был слабее. Рисунки, произведенные И. Лентом в обсерватории на мысе Доброй Надежды, ясно указывают эти изменения в хвостах (рис. 45).

На первом рисунке — только один хвост, на втором два хвоста, но первый хвост является преобладающим; на третьем рисунке первый хвост (правый) уже меньше хвоста второго, а на последнем, составленном 12 мая, заметны дальнейшие изменения в виде кометных хвостов.

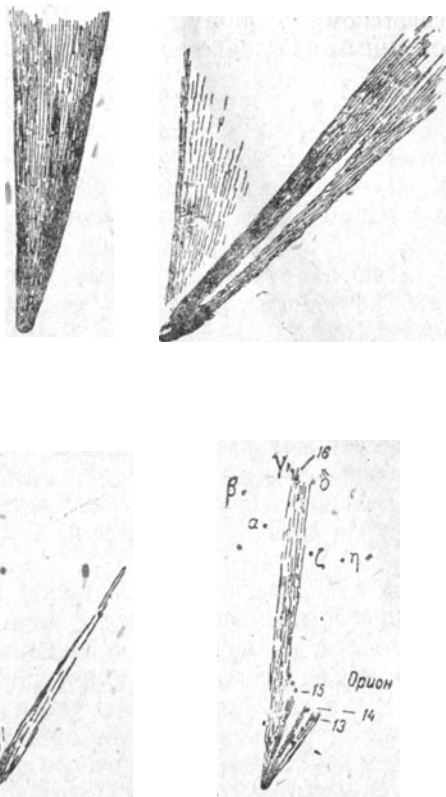


Рис. 45. Хвосты кометы 1901 г. 24 апреля, 5, 7, 12 мая по рисунку Лента.

Последний рисунок 12 мая может служить образцом наблюдений подобного рода: на нем зарисованы все близлежащие звезды, вид хвоста является вполне определенным и годным для точных математических вычислений

Наиболее обстоятельная книга, посвященная теории комет и результатам наблюдений над ними, принадлежит известному советскому ученому, проф. С. В. Орлову и издана Государственным издательством в 1935 г.

### ПАДАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ (МЕТЕОРЫ) И БОЛИДЫ

#### 1. ПОЛЕТ ПАДАЮЩИХ ЗВЕЗД

**К**ак красиво, когда в ясную безлунную ночь по темному небу пролетит блестящая звездочка! Какой величественный вид. принимает небо, когда многие падающие звезды пронизывают ночное небо. Я не забуду удивительного дождя падающих звезд 15 ноября 1885 г., когда звезды летели тысячами; их падало так много, что наблюдатель не успевал сосчитать их.

Загорится на небе звездочка, быстро пролетит по небу и исчезнет. Откуда она прилетела, где она совершила своей блестящий путь и куда она девалась? Вот вопросы, которые сами собою напрашиваются у каждого наблюдателя; они, вероятно, напрашивались и в глубокой древности, но тогда ответа на них не было, никто не мог его дать; еще в восемнадцатом столетии не имели никакого понятия о падающих звездах и причисляли их к явлениям метеорологическим. Даже в середине девятнадцатого столетия явление не было хорошо изучено, и только с семидесятых годов прошлого столетия природа падающих звезд освещается ярким светом знания.

Здесь уместно вспомнить о французском часовых дел мастере Кувье-Гравье, жившем в Париже, а затем специально переехавшем в его окрестности и считавшем по вечерам и ночам число пролетающих падающих звезд; над ним смеялись, называли его звездочетом, а между тем его наблюдения дали материал, которым воспользовался знаменитый миланский астроном Скиапарелли для определения скорости полета падающих звезд и вообще для построения своей блестящей теории этих светил.

Русский самоучка Ф. А. Семенов, живший свыше ста лет тому назад, уже в 1832 г. догадывался о связи метеоров с кометами, но существование этой связи было доказано Скиапарелли на 30 лет позднее.

Приступая к изучению падающих звезд или метеоров, как их еще называют, надлежит прежде всего уяснить, на какой высоте над поверхностью Земли происходит их полет.

Первая попытка определить эту высоту была сделана, по предложению профессора физики Лихтенберга, в 1801 г. двумя студентами Геттингенского университета, учениками знаменитого Гаусса — Брандессом и Бенценбергом; они доказали геометрическими измерениями, что блестящий полет падающих звезд совершается на высоте от 50 до 200 км над поверхностью Земли, т. е. в самых верхних слоях атмосферы, где воздух должен быть

в состоянии крайнего разрежения. Измерения были произведены с двух точек, расстояние между которыми известно, а способ в общих чертах такой же, какой применяется при измерении расстояния до недоступного предмета. Несколько дальше мы этот способ опишем.

До тех пор, пока наблюдения этого рода не были произведены, никто не знал о том, где и как исходит полет падающих звезд, и до решения этого вопроса нельзя было рассчитывать на развитие точных знаний об их природе.

Зная созвездия, легко убедиться в том, что ни одна из образующих их звезд не «падает», не исчезает, что в ночи наибольшего падения метеоров все настоящие звезды остаются на своих местах.

Полет падающих звезд совершается с довольно большою быстротой: все наблюдатели свидетельствуют об этом. В большинстве случаев это происходит в малую долю одной секунды времени. Постараемся, однако, оценить скорость полета падающих звезд. Предположим, что падающая звезда описала дугу в пять градусов в течение одной четверти секунды, и допустим, что падающая звезда находилась в расстоянии 100 км от наблюдателя. Дуга, стягивающая угол в один градус, равна 0,01745 радиуса; следовательно, при радиусе в 100 км длина дуги будет 1,745 км, а дуга в 5° будет 8,725 км. Итак, в четверть секунды падающая звезда опишет путь в 8,725, а в одну секунду — 34,9 км.

Скорость в 35 км в одну секунду принадлежит небесным телам; земные предметы не обладают подобными скоростями. Из известных нам больших скоростей на Земле мы приведем следующие две: скорость звука 0,3 км и скорость полета артиллерийского снаряда из нарезного орудия — около 0,9 км в одну секунду. Найденная выше скорость полета падающей звезды в 100 раз больше скорости звука.

Если мы вспомним, что скорость движения Земли вокруг Солнца равна 29 км в одну секунду, то станет очевидным, что скорость движения падающих звезд того же порядка, как и Земли.

Приведенное нами приближенное определение скорости движения падающей звезды покоится на некоторых предположениях о расстоянии до наблюдаемой звезды и о продолжительности ее полета. И то и другое предположения могут более или менее отличаться от действительности, а следовательно и полученная скорость в 35 км может отличаться от действительной. Для определения истинной величины скорости падающих звезд Скиапарелли избрал очень остроумный способ; мы изложим его в виде сравнения со следующей задачей. Предположим, что требуется определить среднюю скорость ходьбы жителей Ленинграда. Для места наблюдения мы выбираем, например, мост лейтенанта Шмидта. Мы останавливаемся сначала просчитываем,

сколько людей идет в одну сторону и сколько в другую в течение например, одной минуты. При обыкновенных условиях можно убедиться, что одинаковое число людей идет как в ту, так и в другую сторону. После этого пойдем с небольшою, но известною скоростью: например, тихим шагом, по расчету 2 км в час; тогда мы заметим, что большее число людей будет попадаться нам навстречу в течение одной минуты, а нас догонять будет меньшее число людей. Мы производим то же наблюдение в течение одной минуты. Чем скорее идет наблюдатель, тем больше он встречает людей в течение одной минуты и тем меньшее число людей его догоняет. Из отношения сосчитанного числа людей, встретившихся наблюдателю и перегнавших его, при известных скоростях ходьбы наблюдателя, определяется средняя скорость хода жителей Ленинграда. Подобный метод с соответственными изменениями был применен Скиапарелли и к падающим звездам, и оказалось, что средняя скорость падающих звезд в 1,4 раза больше скорости Земли. Способ Скиапарелли основан на счете числа встречных и догоняющих: падающих звезд; для этой цели он воспользовался наблюдениями Кувье-Гравье в окрестностях Парижа, о чем мною упомянуто выше, и Ю. Шмидта в Афинах. Скиапарелли расположил их по часам наблюдения и отделил встречные звезды от тех, которые догоняют Землю. Отделить их не трудно, если вникнуть в движение Земли вокруг Солнца. Представим себе, что на рис. 46 находится Земля, направо от нее — Солнце; Земля движется с запада на восток (сверху вниз) по направлению стрелки. На рисунке изображены те точки земного шара, в которых считается полдень, полночь, утро и вечер. Та точка, в которой считается утро, идет впереди: она встречается с падающими звездами, а та точка, в которой считается вечер, идет позади: ее догоняют падающие звезды; поэтому после полуночи до утра число влетающих в атмосферу Земли падающих звезд будет больше, чем от вечера до полуночи.

Мы приводим числа по последним наблюдениям Гофмейстера в Зоннеберге, которыми между прочим он воспользовался для определения скорости метеоров.

Число падающих звезд в один час			
Часы, считая от полудня	Число падающих звезд	Часы, считая от полудня	Число падающих звезд
8-9	5,2	12—13	10,6
9—10	6,8	13-14	11,3
10—11	7,7	14—15	12,3
11—12	8,6	15—16	12,1
		16—17	12,4
		17 — 18	15,4

Как видно, число падающих звезд правильно возрастает к утру и вполне подтверждает изложенные геометрические соображения.



Основываясь на этих числах, Гофмейстер пришел к заключению, что скорость падающих звезд в 2,2 раза больше скорости Земли, а так как скорость движения Земли равна 29 км в одну секунду, то средняя скорость падающих звезд достигает значения  $29 \times 2,2 = 63,8$ , или, в круглых числах 64 км в секунду.

Впервые существование такой большой скорости у метеоров было установлено Скиапарелли. Такие же работы были поставлены в СССР в 1925 г., и скорость получилась такого же порядка. Подобная скорость свойственна только небесным свети-

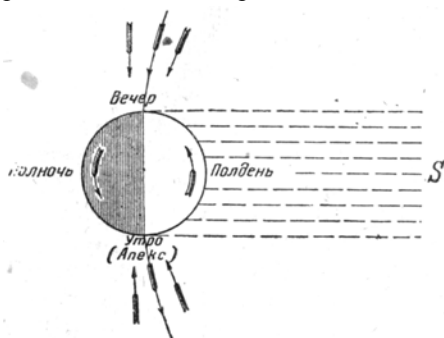


Рис. 46. Встречные и догоняющие падающие звезды.

лам, движущимся по гиперболам, а потому мы утверждаем, что падающие звезды — небесного происхождения. При встрече с Землей относительная скорость падающих звезд равна  $64 + 29 = 93$  км в секунду; эта скорость в 100 раз больше скорости артиллерийского снаряда. Догоняющие метеоры имеют скорость в  $64 - 29 = 35$  км/сек. Встречаются скорости и меньше, до 12 км

в сек. и большие; например, в 1932 г. Аризонской метеорной экспедицией, снаряженной Гарвардской обсерваторией (в США), были зарегистрированы скорости в 100, 150 и даже 200 км в секунду, а болид 20 августа 1925 г., исследованный в СССР, имел скорость свыше 100 км в сек.

Зная скорость метеоров, попробуем себе уяснить явление их свечения при вступлении в атмосферу. На высоте 120—150 км, где обычно метеор становится видимым (как говорят, возгорается), воздух чрезвычайно сильно разрежен. Влетающий метеор сталкивается с частичками воздуха (молекулами) и, благодаря ударам, начинает светиться. От этих ударов метеор распыляется, пролетев 30—60 км, — «падающая звезда сгорает», как скажет земной наблюдатель. Если метеор не очень мал, то, опускаясь в более плотные слои атмосферы, он начинает сгущать перед собой воздух и перед метеором, начиная с высоты около 80 км, образуется масса сжатого воздуха — оболочка. Как показывают исследования спектров метеоров, температура оболочки составляет несколько тысяч градусов; при этой температуре поверхность метеора плавится и испаряется, и когда, в редких случаях, большой метеор падает на землю в виде так называемого метеорита, то его поверхность со всех сторон оплавлена, покрыта темной блестящей корой.

Сжатый воздух перед метеором задерживает его движение, уменьшает скорость и, кроме того, оказывая давление на метеор,

может раздробить его на части, что наблюдается нередко. Благодаря этому же самому воздуху, происходят вспышки и взрывы метеора при его полете.

## **2. ВЕЛИЧИНА ПАДАЮЩИХ ЗВЕЗД**

Прямых определений величины падающих звезд нет и не может быть: из предыдущего мы знаем, что они распыляются на недостижимой для нас высоте. Падающие звезды в том виде, в каком они находятся до встречи с Землею, иногда называются метеороидами и совершенно от нас ускользают. Вследствие этого возможна только оценка их величины. Впрочем, этим занимались многие астрономы, начиная со Скиапарелли. Сравнивая блеск падающих звезд с блеском накаливаемых в лабораториях тел различной величины и делая вероятное предположение относительно количества теплоты, развиваемой при вступлении падающих звезд в атмосферу, можно заключить, что обычные падающие звезды суть весьма маленькие тела — меньше грамма.

Теперь в деле изучения метеоров на помощь астрономам пришла фотография.

В Йельской обсерватории, в Соединенных Штатах Северной Америки, был устроен весьма простой прибор для фотографирования падающих звезд. К одной и той же оси, установленной параллельно оси мира, прикрепляются шесть камер таким образом, чтобы каждая из них могла быть направлена на любую точку неба (рис. 47). Объективы этих камер очень светосильные, т. е. короткофокусные; при таком устройстве камер на пластинках получается большое поле, обнимающее 15 x 15 градусов. Ось инструмента, установленная параллельно оси мира, снабжена часовым двигателем, который приводит ее во вращение с такой же скоростью, с какою совершается видимое вращение неба. Установив камеры на желаемые точки неба, двигатель пускается в ход; объективы открываются, и камеры, заряженные самыми чувствительными пластинками, начинают работать.

Проф. С. Н. Блажко в Москве 12 августа 1907 г. удалось на одной из пластинок запечатлеть изображение падающей звезды. Мы приводим копию, снятую с фотографической пластинки (рис. 48). След падающей звезды имеет вид стрелы.

Если измерить ширину центральной полосы стрелы, изображающей полет падающей звезды, и предположить, что метеор в момент своей вспышки находился на расстоянии 100 км от камеры, то для падающей звезды получается весьма незначительная величина. Рассматривая изображение полета этого метеора, можно заметить вначале очень тонкий, едва видимый след, который, по мере движения метеора, расширяется; далее снова суживается и оканчивается стреловидным расширением. На оригинальной пластинке заметна посредине всего пути очень тонкая блестящая полоска, которая в месте наибольшего утол-

щения окружена более слабым световым сиянием. Это указывает, несомненно, что упомянутая тонкая полоска соответствует ядру падающей звезды, а световое расширение — светящейся газообразной оболочке, образовавшейся при накаливании метеора от сопротивления воздуха. По тончайшей полоске можно вывести заключение о крошечных размерах падающей звезды.

Итак, наблюдениями мы удостоверились, что падающие звезды суть крошечные небесные тела.

Заметить все подробности явления свечения падающих звезд просто глазом нет никакой возможности. Вот почему фотографии полета падающих звезд являются весьма ценными.

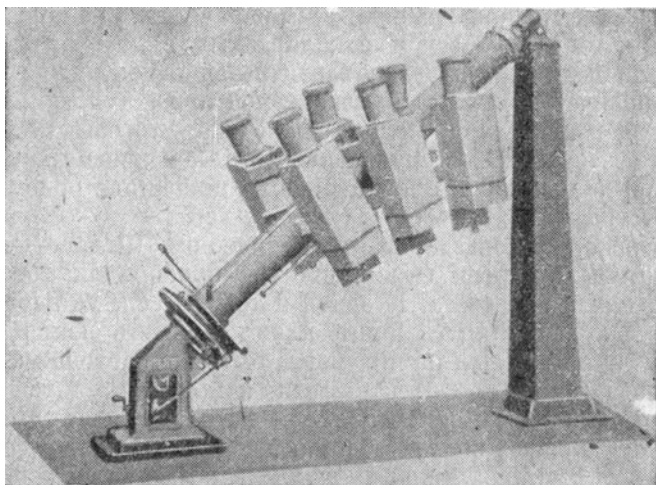


Рис. 47. Шесть камер на одной оси для фотографирования падающих звезд.

Приведенная фотография полета падающих звезд может дать нам ценные указания о характере взрыва метеора или превращении его в распыленное состояние. Двукратное расширение светового пути указывает на неравномерность процесса этого распыления.

В настоящее время на всех обсерваториях мира заснято несколько сот фотографий метеоров. Некоторые из них весьма замечательны: на одних видны двойные метеоры, движущиеся по параллельным путям, в одном случае даже снят четырехкратный метеор; другие обнаруживают правильные периодические колебания яркости, как бы пульсации, с частотой в несколько десятков раз в секунду. Кроме работ И. И. Сикора в СССР фотографии метеоров получены Г. А. Тиховым, проф. Влажко, проф. Шайном, проф. Неуйминым, Мальцевым, Станюковичем, Сытинской, Машбицем, Криттовым и другими астрономами.

Заметим здесь, что фотография метеора 12 августа 1907 г. (рис. 48) может дать некоторое указание о времени, в течение которого совершился световой полет падающей звезды. Длина всего светового пути падающей звезды, запечатленной на пластинке, меньше одного градуса — около 50 минут. Предполагая, что расстояние от падающей звезды до камеры равно 100 км, мы приходим к заключению, что весь видимый полет произошел на протяжении 1,5 км. Так как те падающие звезды, к которым принадлежит рассматриваемая нами, влетают в атмосферу со скоростью около 70 км в одну секунду, то оказывается, что все событие накаливания и взрыва падающей звезды произошло в две сотые доли секунды. Метеор, влетев в атмосферу, мгновенно накалился и превратился в прах; он как бы ударился о твердую, несокрушимую броню — нашу атмосферу — и погиб.

Не менее интересные фотографии падающих звезд получены И. И. Сикора 11 августа (29 июля) 1901 г. Метеоры были очень яркие.

«Замечательно, — говорит И. И. Сикора, —

что во время взрыва и отлета продуктов горения след метеора А (рис. 49) не исчезал и блеск его не умался, так что вспышка, очевидно, явилась не следствием распада метеора на части, а скорее следствием взрыва газов, вылетающих из метеора. При первой вспышке заметно искривление пути к северу, а в конце второй вспышки — поворот его к югу». Во втором случае (метеор В) вспышка тарке произошла до сгорания метеора. В последние годы И. И. Сикора получил еще несколько замечательных фотографий метеоров, и 12 августа 1934 г. ему далее удалось снять облачко, возникшее при взрыве метеора на высоте около 80 км.



Рис. 48. Фотография метеора, снятая проф. С. Н. Блажко, 12 августа 1907 г.

На фотографиях И. И. Сикоры падающие звезды также оставили тончайший след, указывающей на ничтожную их величину. Падающие звезды поистине могут быть названы светилами-крошками.

В последние годы были сделаны большие успехи в изучении спектров метеоров, полученных на пластинках. Так как спектры получились только для очень ярких метеоров и заранее неизвестно, где они пролетали, то поэтому ясно, что это является

большим достижением. Американец Милман изучил недавно 23 спектра метеоров, в том числе несколько полученных московским профессором С. Н. Блажко в 1904 и 1907 гг. В 1934 г. новый замечательный спектр, являющийся вторым в мире по числу видимых в нем спектральных линий, был получен любителями астрономии, членами Коллектива наблюдателей МОВАГО (В. В. Федынским, К. Н. Станюковичем, И. Е. Васильевым, Г. О. Затейщиковым).

Что же показывают спектры метеоров? Они свидетельствуют, во-первых, что более 90% света метеора испускается его газовой оболочкой, наполненной парами железа, кальция, иногда хрома, алюминия, магния, марганца, т. е. тех веществ, которые составляют основание части метеоритов, главным образом каменных. Во-вторых, эти спектры показывают, что температура в оболочке метеора составляет около  $2000\text{--}3000^\circ$ , причем она возрастает с увеличением размера метеора и его скорости. В-третьих, оказывается, что на высоте около 80 км свойства нашей атмосферы резко изменяются и излучение метеора происходит иначе, если он опускается ниже 80 км.

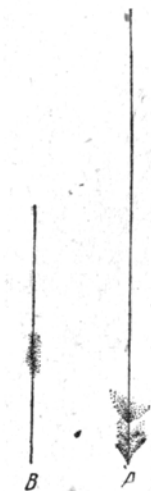


Рис. 49. Рисунок пути метеора, сделанный по фотографии Сикоры.

### 3. МЕТЕОРЫ И АТМОСФЕРА

Впервые в 1922 г. метеоролог Линдемэн и физик Добсон, на основании наблюдений метеоров, сделали заключение о строении атмосферы Земли на высоте от 40 до 150 км. Их выводы оказались неожиданными: получилось, что начиная с высоты в 50 км должно наблюдаться повышение температуры, и вместо  $55^\circ$  ниже нуля (которые мы имели до этой высоты) должно быть совсем тепло:  $30^\circ$  и более выше нуля. Через несколько времени выводы Линдемэна и Добсона были блестяще подтверждены акустическими и другими методами исследования атмосферы.

Поскольку атмосфера позволяет видеть и изучать метеоры и находиться в то же время в безопасности под ее защитой, нам следует поближе с нею познакомиться.

От поверхности Земли до высоты в 10—12 км нижний слой атмосферы называется тр о п о с ф е р о й ; в нем происходят

вертикальные и горизонтальные перемещения воздуха, здесь находятся облака, происходят грозы и т. д. Выше — начинается стратосфера, с температурой в  $55^{\circ}$  ниже нуля; она не знает облаков, и земная пыль сюда также не попадает. В стратосфере на высоте около 20—30 км находится особый газ — озон, который образуется из кислорода под действием ультрафиолетовых лучей Солнца и имеет большое значение для жизни на Земле. Эта область называется озоносферой. Здесь погасают обычно болиды, из которых выпадают метеориты. Выше 40—50 км температура начинает подниматься; с высоты более 55 км уже не доносятся звуки пролетающих крупных метеоров; более мелкие метеоры сгорают на высоте около 70—80 км: здесь также находятся некоторые телескопические метеоры. Как показывают наблюдения метеоров, исследование сумерек и т. д. на высоте 80—82 км свойства атмосферы резко меняются — здесь начинается электропроводящий слой атмосферы, играющий важную роль в распространении радиоволн; как раз на этой высоте плавают таинственные так называемые серебристые облака, видимые иногда летом; выше начинается область образования метеорных следов, — область, где также разыгрываются феерические полярные сияния. Здесь пролетает большинство метеоров, которые начинают светиться на высоте 120—150 км в зависимости от своей величины и скорости. Чем быстрее метеор, тем он раньше раскалится и тем будет казаться выше. Эта область в пределах 80—120 км называется ионосферой; на высоте в 220 км, где падающие звезды еще не загораются, а светятся полярные сияния, находится второй слой ионосферы.

Изучение метеоров может, как мы видели, принести пользу при исследовании стратосферы, и в 1934 г. на Всесоюзной конференции по стратосфере, созванной Академией наук в Ленинграде, вопросам метеорной астрономии уделялось должное внимание. Из наблюдений метеоров можно вывести заключения о плотности и давлении воздуха на больших высотах. Иногда следы после полета метеоров видны несколько минут, и тогда по их смещению можно вывести заключения о направлении и скорости воздушных течений на высоте 80—100 км. Оказалось, например, что там преобладают западные ветры со скоростями 100 и даже более метров в секунду.

СССР, успешно осваивающий стратосферу снизу при помощи стратостатов, самолетов и шаров-зондов, осваивает ее также и сверху, и молодая советская метеорная астрономия тем и отличается от капиталистической науки о метеорах, что она не замыкается в себе, а стремится всесторонне изучить всю совокупность физических явлений и использовать добытые знания и в смежных науках — геофизике, аэрологии и т. д., и в применении их к вопросам социалистического строительства и обороны страны — баллистике, радиопередаче и т. д. Советские «метеор-

щики» — исследователи метеоров, свободные от традиций капиталистической науки, прокладывают свои собственные пути и, по признанию даже буржуазных ученых, занимают одно из ведущих мест в этой области. Но этих исследователей еще слишком мало, и потому каждый трудящийся, который серьезно захочет заняться наблюдением и изучением метеоров, этим самым будет способствовать дальнейшему развитию науки в СССР.

#### 4. РАДИАНТЫ ПАДАЮЩИХ ЗВЕЗД

Все сведения о падающих звездах, о которых сообщено в предыдущих главах, являются научным достоянием последнего времени. Замечательное сочинение Скиапарелли появилось в 1871 г. До этого времени о природе падающих звезд не имели почти никакого понятия. В 1833 г. в первый раз проф. Ольмстед нарисовал на звездной карте пути падающих звезд, наблюдаемых им 12 ноября"; он был удивлен полученным результатом; все пути падающих звезд казались выходящими почти из одной и той же точки. В настоящее время изучение падающих звезд начинается с рисования их видимых путей на звездной карте, и имеется много рисунков, подобных тому, который составил Ольмстед в 1832 г. Мы приводим здесь один из подобных рисунков (рис. 50).

Что означает это расхождение всех путей падающих звезд из одной и той же точки?

Точки или место, из которых кажутся выходящими пути падающих звезд, называются *точкою радиации* или *радиантом*; радиант остается неподвижным среди звезд и вместе с ними участвует в видимом суточном вращении неба; это явление послужило также весьма убедительным доказательством небесного происхождения падающих звезд.

Укажем еще на одно явление, которое ни в каком случае не могло бы иметь места, если бы падающие звезды были земного происхождения. Мы говорим о том замечательном явлении, что с различных мест земной поверхности, как бы далеко они ни лежали одно от другого, радиант всегда усматривается в одной и той же точке на небесном своде. Например, радиант падающих звезд около  $\mu$  Персея 10—12 августа наблюдается со всех мест на земной поверхности, где только видно в это время созвездие Персея. Если бы падающие звезды были земного происхождения, то их радиант усматривался бы с разных точек Земли в различных местах небесной сферы. Например, в Москве — в южной части, а в Серпухове — в северной; а так как этого никогда не бывает, то в радианте и его свойствах мы находим новое доказательство небесного происхождения падающих звезд, что вполне согласно с прежде полученными выводами.

Расхождение всех видимых путей падающих звезд от одной и той же точки является следствием перспективы. Если рассматривать ряд параллельных линий, то будет казаться, что все они

выходят из какой-то точки, лежащей вдаль; эта точка и есть радиант. Например, рельсы железной дороги, линии галлерей и т. д. кажутся нам как бы исходящими из одной точки (рис. 51). Рас-



Рис. 50. Радиант дождя падающих звезд в созвездии Дракона по наблюдениям И. С. Астаповича 9 октября 1933 г.

хождение параллельных линий из одной и той же точки прекрасно видно на прилагаемом рисунке железнодорожного моста. Этой точке художники дают название центра перспективы. Если желают изобразить на плоскости ряд параллельных линий в про-



странстве, то избирают некоторую точку за центр перспективы и рисуют линии, исходящими из нее.

Линия, направленная как раз на глаз наблюдателя, изображится точкою в самом центре перспективы.

Наоборот, если перед нами рисунок, на котором некоторые линии кажутся исходящими из одной и той же точки, то мы утверждаем, что на нем изображены параллельные линии в перспективе. Применяя эти рассуждения к некоторому радианту, мы приходим к заключению, что падающие звезды одного и того же радианта движутся в пространстве по линиям, парал-



Рис. 51. Перспективное расхождение параллельных линий.

лельным между собою; они, следовательно, движутся группами, несутся в пространстве кучею, несутся роем, как пчелы. Совокупность падающих звезд, имеющих общий радиант, принято называть метеорным роем или потоком.

Итак, существование радианта дает нам основание сделать заключение о том, что падающие звезды движутся в пространстве роем по линиям, параллельным между собою. Один поток отличается от другого, во-первых, положением своего радианта на небесной сфере; во-вторых, временем появления; в-третьих, количеством падающих звезд или, как говорят, его «богатством», и, в-четвертых, своими «физическими свойствами» — следами, цветом, скоростью и т. д. В зависимости от положения радианта на

небесной сфере принято называть падающие звёзды производным именем от того созвездия, среди которого лежит радиант. Например, радиант знаменитого августовского потока лежит в созвездии Персея (около  $\mu$  Персея); падающие звезды этого радианта называются персеидами. Падающие звезды ноябрьского потока (13—14 ноября) имеют радиант в созвездии Льва и называются Леонидами, а 27 ноября — в созвездии Андромеды и называются андромедидами и т. д.

Как положение радианта на небесной сфере, так и время его появления и интенсивность определяются прямыми наблюдениями. Мы вернемся к этим вопросам в конце настоящей главы.

В таблицах I и II (см. в конце главы) мы приводим два списка радиантов, расположенных в хронологическом порядке на весь год. Первый содержит только важнейшие радианты; но, кроме них, существует до трех тысяч радиантов, положение которых определено менее точно, так как это бедные метеорами радианты. Более богатые из них приведены во второй таблице.

Необходимо заметить, что метеорные потоки изучены далеко не точно, и любителям астрономии открывается здесь широкое поле деятельности. В среднем, Земля ежедневно встречается с шестью или семью потоками падающих звезд, а потому в каждый ясный вечер можно зарисовывать пути падающих звезд. В особенности не следует пропускать безлунных ночей, когда видно больше падающих звезд. Обращая внимание любителей и друзей астрономии на наблюдение падающих звезд, мы заметим, что в настоящее время наблюдателей в этой области астрономии совершенно недостаточно. Особенно ценными могут быть наблюдения работников колхозов и совхозов, которые находятся в лучших астрономических условиях сравнительно с городскими жителями.

В 1928 г. СССР вышел на первое место в мире по количеству ежегодных наблюдений метеоров, обогнав все буржуазные организации вместе взятые. Это удалось сделать при коллективном участии различных слоев населения — колхозников, рабочей молодежи, учащихся и других, в результате огромного культурного роста и тяги к повышению своих знаний.

С другой стороны, много теоретических вопросов ждет своего разрешения. На основании имеющегося наблюдательного материала (около четверти миллиона зарегистрированных метеоров) можно вывести заключение о строении многих метеорных потоков, их взаимной связи, характере деятельности во времени и об отношении их орбит к орбитам других тел солнечной системы. Влияние притягательных действий Земли и других планет производят изменения в движении метеорных потоков, так называемые возмущения. Исследование этого вопроса, довольно кропотливого в теоретическом отношении, также представляет большую и важную проблему. С течением времени метеорные потоки все более и более рассеиваются, и потому изучение радиантов необходимо также для изучения вопроса о том, как происходит эволюция метеорного потока. Вопрос о роли метеорного вещества в солнечной системе, о его распределении и движении имеет также первостепенную важность. Работы Скиапарелли по астрономической теории падающих звезд были в наше время продолжены Хеппергером и Гофмейстером, а затем Эпиком. Знаменитый астроном Ф. А. Бредихин, бывший директором Пулковской обсерватории изучал строение и движение нескольких периодических потоков (персеиды, анвариды, андромедиды), а влияние Земли на их строение исследовал советский астроном Г. А. Шайн в своей интересной работе, напечатанной в 1923 г.

Совершенно особый интерес имеет изучение слабых метеоров, видимых в телескопы и называемых потому телескопическими. О том, как ведут они себя в солнечной системе, почти ничего неизвестно.

В конце настоящей главы излагаются правила для наблюдения падающих звезд; прочитав их, читатели убедятся, что здесь нет ничего сложного и трудного, что никаких инструментов для этого не требуется и что поэтому наблюдения над падающими звездами являются наиболее доступными большому кругу любителей астрономии. Наблюдая падающие звезды, читатель на практике убедится, что небо одинаково всем доступно и что всем предоставляется возможность читать великую книгу неба.

## **5. ДВИЖЕНИЕ ПАДАЮЩИХ ЗВЕЗД В НЕБЕСНОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

Для объяснения всех подробностей, представляющихся в явлении падающих звезд, было построено много гипотез об их происхождении и об их движении в небесном пространстве. Мы зашли бы слишком далеко и во всяком случае вышли бы за пределы настоящей книжки, если бы изложили здесь все те гипотезы, которые когда-либо были созданы о природе и движении падающих звезд. Мы изложим только современную гипотезу, подтвердив ее фактами.

Не забудем, что падающие звезды видны только тогда, когда они влетают в нашу атмосферу; в это время они вспыхивают, блестят и разлетаются в прах. До вспышки они не видны. Спрашивается: как и где они движутся до встречи с Землею?

Мы знаем, что падающие звезды — маленькие тела, но великий закон всемирного тяготения учит: как бы мало ни было тело, оно подчиняется тяготению и должно двигаться относительно Солнца по эллиптической, параболической или гиперболической орбите. Пути наблюдаемой падающей звезды и Земли, очевидно, пересекаются, иначе падающая звезда не могла бы влететь в земную атмосферу и мы ее не увидели бы. То, что относится к одной падающей звезде, относится и к другой, к третьей и т. д. и ко всем падающим звездам, составляющим один и тот же рой. Двигаясь таким образом, рой встречается с Землею; тогда Земля погружается в него, и в земную атмосферу влетает часть составляющих его падающих звезд; они движутся по параллельным линиям, и вследствие этого нам кажется, как будто все пути их исходят из одной и той же точки. С этим явлением мы познакомились выше.

Определить орбиту метеорного потока непосредственно из наблюдений нельзя; для этого следовало бы знать весьма точно величину скорости движения падающих звезд, наблюдения же недостаточно точны. Но в одном случае, если движение происходит по эллипсу, можно воспользоваться третьим законом

Кеплера, по которому кубы средних расстояний светил от Солнца пропорциональны квадратам времен их полных обращений вокруг Солнца. Этот простой закон занимает видное место в астрономии; им часто пользуются астрономы для определения небесных расстояний. Расстояния определяются всего точнее временем, а не непосредственным измерением. Поясним сказанное.

Наблюдения, произведенные из года в год над числом падающих звезд, относящихся к одному и тому же потоку, обнаруживают иногда резко бросающуюся в глаза периодичность. Например, число леонид было необычайно велико в ноябре в следующие годы: 1799, 1833 и 1866, а по свидетельству индейцев, сообщивших о своих воспоминаниях известному естествоиспытателю Гумбольдту, и раньше, именно — в 1766 г.; таким образом, в 100 лет было три ноябрьских звездных дождя; очевидно, период их появления равен 33,3 лет.

Периодическое появление леонид указывает, что они не распределены равномерно вдоль орбиты, а движутся роем, с которым Земля встречалась в перечисленные годы. Рой леонид, двигаясь вокруг Солнца, совершает полное обращение в 33,3 года. Вот это число и достаточно для определения всего невидимого пути леонид в небесном пространстве. Действительно, по третьему закону Кеплера кубы средних расстояний пропорциональны квадратам времен полных обращений. Сравним орбиту леонид с орбитой Земли. Среднее расстояние от Земли до Солнца примем за единицу; полное свое обращение вокруг Солнца Земля совершает в один год. Если мы назовем буквою  $x$  среднее расстояние леонид от Солнца или большую полуось их орбиты, то она определяется из следующего отношения:

$$\frac{x^3}{1^3} = \frac{(33,3)^2}{1^2}$$

или

$$x^3 = (33,3)^2,$$

откуда

$$x = \sqrt[3]{(33,3)^2} = 10,35.$$

Итак, большая полуось равна 10,35 радиусам земной орбиты, а двойная полуось, или большая ось орбиты, описываемой Леонидами, равна 20,70 тех же радиусов. Приблизительное построение эллипса может быть произведено следующим образом.

Проведем прямую линию  $AB$  в 20,70 единиц в произвольном масштабе; от конца этой линии отложим одну единицу масштаба; мы получим точку  $S$ : в ней находится Солнце. Мы заключаем, что Леониды, двигаясь по своей орбите, удаляются на 19,70 радиусов земной орбиты от Солнца, т. е. они заходят за орбиту планеты Урана, которая отстоит от Солнца в расстоянии 19,18 тех же радиусов.

Далее, зная величину большой оси  $x$  и положение Солнца на ней, мы несложными расчетами определяем величину малой полуоси эллипса  $b$ ; получаем:

$$b = \sqrt{2x - 1} = 4,43$$

и строим эллипс. В действительности плоскость орбиты леонид не совпадает с плоскостью эклиптики (рис. 52, правый чертёж).

Таким образом, исследуя явление, мы построили эллипс, описываемый роем леонид в небесном пространстве. Напомним еще раз, что за пределами земной атмосферы Леониды, ни другие падающие звезды для нас невидимы, а потому невидимы и их

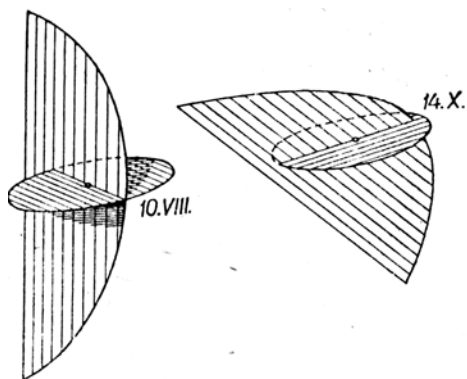


Рис. 52. Расположение орбиты Земли и орбит метеорных потоков персеид и леонид.

движения. Определение же размеров орбиты Леонид и ее положения в пространстве покоится на простом счете падающих звезд, на определении положения их радианта и на третьем законе Кеплера. Отсюда видно, что самые несложные наблюдения над падающими звездами представляют возможность определить их путь в невидимых областях небесного пространства.

Если же у метеорного потока периодичности не подмечено, как это имеет место у большинства из них, то иногда, за невозможностью точного расчета, орбита вычисляется, как парабола. Вероятно, орбиты очень многих потоков являются гиперболами, как показывают исследования самых последних лет, в том числе сделанные и советскими астрономами.

## 6. ПАДАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ И КОМЕТЫ

Наблюдение над падающими звездами, доступное решительно всем интересующимся астрономией, имеет еще значение и в деле изучения природы комет.

В предыдущем § 5 определена орбита роя леонид; ее изображение приведено на рис. 52. Вид эллипса, имеющего значительный эксцентриситет, напоминает эллипсы, описываемые кометами. Если бы нашлась комета, которая движется как раз вдоль орбиты леонид, то мы, не задумываясь, утверждали бы, что она имеет связь с Леонидами: значит, она одинакового с ними происхождения, т. е. состоит из того же вещества, что и они. Различие между ними только количественное: расстояние между

частицами, составляющими рой, значительно больше, чем между частицами, составляющими комету.

В главе о кометах мы познакомились с явлением дробления комет на части и узнали, что комета Биела сначала раздвоилась, а затем разложилась в поток падающих звезд. Рой падающих звезд и комета, связанные общим движением, двигаются по одной и той же орбите. Если поэтому некоторая комета движется по той же самой орбите, по которой движется рой леонид, то нет сомнения в общности их происхождения.

Подобную комету открыл Темпель в 1866 г.; сходство элементов ее орбиты с орбитой леонид можно видеть в следующей таблице. Элементы роя леонид определены Скиапарелли, а элементы кометы 1866 Г—Оппольцером.

Прохождение через перигелий	Леониды Ноябрь 10	Комета 1866 1. январь II
Долгота перигелия . . .	46°30'	42°24'
„ узла . . . .	231 26	231 26
Наклонность .....	162 16	162 42
Эксцентриситет .....	0,905	0,905
Расстояние перигелия . .	0,987	0,977
Время обращения (в годах)	33,25	33,18
Большая полуось . . . .	10,34	10,32

Нет никакого сомнения, что рой леонид движется по орбите кометы 1866 I, открытой Темпелем; та часть вещества, из которой образовалась комета, прошла через перигелий 10 месяцами раньше роя леонид.

Несколько менее совершенное сходство замечено между роем персеид и кометою 1862 III, открытой Свифтом и Тетлем в Соединенных Штатах Америки.

	Персеиды 22 июля	Комета 1862 III 23 августа 1862
Прохождение через перигелий		
Долгота перигелия . . . .	292°54'	290°13'
узла.....	138 16	137 27
Наклонность .....	115 57	113 34
Эксцентриситет .....	0,966	0,961
Расстояние перигелия . . .	0,964	0,963
к р е м я обращения в годах .	108	121,5
Большая полуось .....	22,68	24,53

Мы помещаем также на рисунке (рис. 52, левый чертеж) изображение орбиты августовского метеорного потока персеид.

Персеиды представляют поток, напряженность которого из года в год остается одинаковою, и только весьма тщательные наблюдения в смысле определения числа падающих звезд могут со временем дать материал для точного определения периода обращения роя персеид вокруг Солнца.

Третий поразительный пример движения кометы вдоль орбиты роя падающих звезд представляет комета Биела, под-

робно рассмотренная нами в главе «Замечательные кометы». Мы не будем поэтому останавливаться на ней.

Четвертый пример представляет нам апрельский поток падающих звезд (№ 4 в табл. I); вдоль орбиты этого роя движется первая комета 1861, открытая Тачером в Резерфордской обсерватории в Нью-Йорке. Период обращения этой кометы вокруг Солнца определен приблизительно в 415 лет. В 1916 г. Деннинг, английский любитель астрономии и страстный наблюдатель падающих звезд, получивший за свои работы золотую медаль Астрономического общества в Лондоне, нашел метеорный поток, связанный с кометой Понса-Виннеке. Этот поток был виден в 1921 г. и особенно хорошо в 1927 г.; наблюдения в СССР поставили его в связь с кометой вне сомнения. В 1933 г. 9 октября прошел дождь падающих звезд, которые были связаны с кометой Джакобини-Циннера; их радиант лежит в голове Дракона и потому они называются драконидами. Есть еще другие случаи, когда комета, по-видимому, образовала метеорные радианты.

Приведенные примеры ясно указывают, насколько поучительны наблюдения над падающими звездами; заметим, что самые простые наблюдения над ними, даже простой их подсчет, представляют ценный материал для изучения не только движений падающих звезд, но и природы комет.

Здесь мы даем список комет и их радиантов, составленный по проф. К. Д. Покровскому (табл. III). Эти радианты крайне нуждаются в наблюдениях и результат будет ценен также и тогда, если эти кометные метеоры не будут обнаружены наблюдениями.

## **7. КАК НАБЛЮДАТЬ ПАДАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ**

Мы видели, что при изучении падающих звезд весьма важно знать их число; оно дает возможность судить о плотности роя и о распределении падающих звезд вдоль орбиты, определить место наибольшего их скопления или место роя и, наконец, определить время обращения роя вокруг Солнца. Поэтому наблюдения первого рода заключаются в счете падающих звезд.

Если метеорный поток не очень обилен, и падающие звезды появляются изредка, то счет их не представляет затруднения. Наблюдатель замечает время, когда он приступает к счету падающих звезд, записывает время каждой появившейся звезды и отмечает время конца, наблюдений.

Если поток очень обильный, то весьма желательно участие нескольких лиц. Разделив небо на участки, каждый ведет счет звездам на избранном участке. Во время обильных потоков нет возможности записывать время появления каждой падающей звезды; в таких случаях следует производить счет их в течение каждых 5 минут времени.

Интересующиеся падающими звездами должны производить наблюдения не только в те дни, для которых даны радианты (см. табл. I—III), но и во всякую ясную ночь. Изучение падающих звезд еще далеко не закончено и может быть подвинуто вперед только при условии многочисленных и тщательных наблюдений.

Лучше всего наблюдать падающие звезды в определенной области неба, например, около зенита, или в области северного полюса неба. Тогда наблюдения будут более однородными. Кроме того, полезно отмечать яркость метеоров по сравнению со звездами (первой, второй величины и т. д.), цвет (также только по сравнению с цветами звезд: полезно помнить, что например, Вега—белая, Арктур — оранжевый; Капелла — желтая и т. д.). Если наблюдатель напрактикуется, он уже сможет довольно точно оценивать длину пути метеора в градусах; для этого надо запомнить видимое угловое расстояние между какими-либо известными звездами. Более трудным является оценка продолжительности полета; для этого нужно выработать чувство времени путем тренировки с часами; обыкновенные карманные часы отбивают 0,4 секунды. После небольшой практики наблюдатель довольно точно начинает оценивать продолжительность полета метеоров. Кроме того, в примечаниях к наблюдениям следует указывать, оставил ли метеор после полета серебристую полоску—метеорный след, и сколько приблизительно секунд этот след был виден. Различные особенности, которые отчетливо были замечены при полете, в роде вспышек, изменения цвета, искр, дробления на части и т. д., представляют интерес для физики метеора и их также следует отмечать. Таким образом, журнал записи будет иметь приблизительно такой вид:

1. Дата наблюдения, время начала и конца наблюдений.
2. Место наблюдения.
3. Наблюдатель.
4. Наблюдавшаяся область неба.
5. Условия наблюдения (посторонний свет, Луна, туман и т. д.).
6. Состояние наблюдателя (бодрое, усталое и т. д.).

№ Момент	Яркость	Цвет	Длина пути	Продолжительность	Скорость	Примечания
1 22 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>	2	желт.	15°	0,8	средн.	К концу ярче
2 46	5	—	4	0,2	быстр.	Максимум яркости посередине пути
3 23 11	0	бел.	8	1,0	медл.	В конце взрыв след. 5 сек.

В богатые метеорами ночи опытные наблюдатели могут зарегистрировать таким образом 100—150 метеоров.



Главнейшие радианты  
(для наблюдений в

Большие

	Поток	Эпоха активности	Максимум	Координаты радианта в макс. $\alpha$ $\delta$	Относительная активность *
1	Квадрантиды....	27 дек.—7 янв.	3 янв.	231°+52°	0.3—0.4
2	Лириды .....	15-26 апр.	21 апр.	272+33	0.2—0.3
3	Гамма-аквариды	28 апр.—12 мая	2—4 мая	334—2	0.5—0.7
4	Понс-виннекиды	18 июня—8 июля	28—30 июня	230+55	< 0.1—0.2
5	Персеиды.....	16 июля—22 авг.	11—12 авг.	46+57	0.8—0.9
6	Дельта-аквариды	22 июля—9 авг.	28—29 июля	341—17	0.1—0.2
7	Дракониды.....	8—12 окт.	9 окт.	266+? 5	<0.1
8	Ориониды .....	14—26 окт.	19—22 окт.	90+14	0.5—0.6
9	Ариэтиды.....	18—27 окт.	23? окт.	43+21	0.3-0.4
10	Леониды.....	10—18 ноября	16—17 ноября	152+22	0.5—0.7
11	Андромеиды ...	15—27 ноября	17 ? ноября	25+42	<0.1
12	Геминиды .....	1—17 дек.	12—13 дек.	112+33	0.7—0.9

Примечание. \* Относительная активность выражает отношение чис  
Во время звездного дождя эта величина близка к 1.

ца 1  
метеорных потоков  
северном  
полушарии)

Физические свойства метеоров	Связь с кометами	Примечания
Медл., длинн. желтое.	—	1) Наблюдается рано вечером или под утро. Главный поток первого квартала года.
Быстр. бел., часто следы	1861 I	2) Поток бедный в некоторые годы давал дожди, последний в 1922 г. Вероятно 2 радианта. Период 30 лет.
Быстр. бел., следы	Комета Галлея	3) Радиант смещается с $330^{\circ}$ — $3^{\circ}$ до $347^{\circ} + 2^{\circ}$ . Второй поток после персеид по обильности. Хорошо наблюдается на юге.
Слабые, короткие	Комета Понса-Виннекс	4) Максимумы 1916, 1922 и 1928 гг., возможен в 1940—1941 гг. Поток слабый, много побочных радиантов.
Быстр. бел., следы	1862 III	5) Наиболее обильный из потоков. Часовое число метеоров доходит до 200. Наблюдается ежегодно. Последний максимум 1921 г. Площадь радиации велика (десятки квадратных градусов). Главный радиант смещается от $20^{\circ} + 47^{\circ}$ до $56^{\circ} + 61^{\circ}$ . Восточная ветвь $28^{\circ} + 45^{\circ}$ (связана с кометой 1871 I), радиант $14^{\circ} + 63^{\circ}$ принадлежит кассиопеидам.
Желт., умерен скор.		6) Наблюдается ежегодно. Площадь радиации велика. Радиант смещается: $335^{\circ} - 19^{\circ}$ до $-52^{\circ} - 12^{\circ}$ .
Медл. неяркие, Краснов, корот.	Комета Джакобини-Циннера	7) Обильны в 1926 г.; в 1933 г. звездный дождь. Максимум вероятен в 1940-1941 гг.
Быстрые, белые, со следами	Комета Галлея	8) Главнейший по обильности поток после № 3 и 5. Активны ежегодно. Сложный радиант, повидимому, смещается. Вблизи — тауриды ( $84^{\circ} + 24^{\circ}$ ).
Желтовато-белые, средней скорости	-	9) Ежегодный обильный поток, несколько побочных радиантов.
Весьма быстрые, зеленые следы	1866 I	10) Период 33 1/4 г., при благоприятном положении орбиты дает дожди (последний 1866 г.) Резкий радиант, мало смещается.
Медленные, красноватые	Комета Биэлы	11) Поток почти иссяк. Дожди 1872 и 1885 гг.
Белые, средней скорости	-	12) Обильный поток, наблюдается ежегодно, часто яркие метеоры. Радиант смещается от $99^{\circ} + 34^{\circ}$ до $118^{\circ} + 32^{\circ}$

ла метеоров данного потока к общему количеству метеоров на небе в эту ночь

№	Эпоха активности	Координаты радианта $\alpha$ $\delta$	Ближайшая звезда	Характеристика	Примечание
1	28 дек.-6 янв.	103°+32°	$\theta$ Близн.	Хор.	1. Наблюдаются с квадрантидами.
2	21—24 янв.	112 + 34		—	
3	19—26 февр.	177 + 10	$\alpha$ Девы	—	2. Главный в феврале
4	19—26 марта	184 + 26	12 Волос Вероники	—	3. Главный в марте
5	1—8 апр.	258+26	$\delta$ Геркул.	—	
6	13—21 апр.	232+26	$\alpha$ С. Короны	—	4. Наблюдаются с лиридами
7	2—12 мая	264+44	$\iota$ Геркул.	Слаб.	5. Желтоватые метеоры
8	21-31 „	232+34	$\theta$ С. Короны	Хор.	
9	17 июня—7 июля	310+45	$\alpha$ Лебеда	„	6. Не исследован
10	21—30 июня	236+58	$\theta$ Дракона	„	
11	22 июня—5 июля	245+62	$\theta$ Дракона	„	
12	1 — 4 июля	1 +25	$\psi$ Пегаса	Слаб.	
13	1—12 „	266+22	84 Геркул.	„	
14	6-12 „	291 + 17	2—3 Стрелы	Хор.	
15	7-20 „	3+36	$\alpha$ Андром.	„	
16	8-11 „	258+11	37 Змеедерж.		
17	19-31 „	341+21	$\gamma$ Пегаса	„	
18	20 июля—8 авг.	308—10	$\psi$ Орла	„	
19	25 „ -1 „	336-1	$\zeta$ Водолея	—	
20	28 „ —5 „	332+45	2 Ящер.	Хор.	
21	28 „ —13 „	33+51	6 Персея	„	
22	29 „ -13 „	6+36	$\alpha$ Андром.	„	
23	30 „ —1 „	328—14	$\mu$ Козерога	„	7. Каприкорниды
24	1—7 авг.	350+26	$\alpha$ Пегаса		

ца II  
потоки

№	Эпоха активности	Координаты радианта $\alpha$ $\delta$	Ближайшая звезда	Характер истика	Примечание
25	5-11 "	25+48	$\sigma$ Персея	Хор.	
26	5 — 12 "	332+66	$\xi$ Цефея	"	
27	9-18 "	14+46	$\phi$ Андром.	"	
28	9—21 "	266+57	$\xi$ Дракона	—	
29	10-15 "	68+65	$\alpha$ Жирафа	Хор.	8. Камелепардиды дают болиды
30	15-25 "	291 + 52	$\iota$ Лебедя	"	9. Цигниды
31	11-24 "	335+82	34 Н Цеф.	"	
32	16—24	311 + 62	$\eta$ Цеф.	"	10. Цефеиды
33	"	42+22	$\varepsilon$ Овна	—	
34	20-25 "	25 + 26	$\alpha$ Треуг.	Хор.	
35	1 — 6 сен.	13 + 56	$\theta$ Кассиоп.	—	
36	2-7 "	338—12	$\sigma$ Водолея	—	
37	3-14 "	350+45	$\lambda$ Андр.	Слаб.	
38	6-19 "	4 + 46	$\pi$ Кассиоп.	"	
39	11-21 "	6 + 1 9	$\chi$ Пегаса	Хор.	
40	21-25 "	318 + 34	$\sigma$ Лебедя	Слаб.	
41	24-29 "	18+21	$\rho$ Рыб	Хор.	
42	3 - 7 окт.	24 + 15	$\eta$ Рыб	—	
43	11—27 "	32 + 10	$\eta$ Овна	Хор.	
44	13—24 "	45+10	$\lambda$ Кита	"	
45	15—20 "	56 + 24	$\eta$ Тельца	"	11. $\eta$ —тауриды
46	15-25 "	76+40	$\lambda$ Вознич.	"	
47	4-26 нояб.	42+21	$\varepsilon$ Овна	"	12. $\varepsilon$ —ариэтиды
48	8—11 "	97 + 21	$\nu$ Близн.	—	
49	11-16 "	127—3	30 Единор.	—	
50	9—12 дек.	97 + 31	$\varepsilon$ Близн.	Хор.	
51	12-15 "	74+52	$\alpha$ Вознич.	Слаб.	
52	22-31 "	91 + 16	$\xi$ Ориона	"	

Наблюдения второго рода заключаются в нанесении видимых путей падающих звезд на звездную карту и в определении положения радианта данного потока. Рисование путей падающих звезд является более трудным делом, чем счет, — это очевидно; точные результаты получаются только при некотором навыке. Если метеорный поток обильный, то не следует разбрасываться и стараться зарисовать пути всех падающих звезд; следует, остановив свое внимание на одной из них, старательно заметить все те звезды, мимо которых пролетела наблюдаемая падающая звезда, отыскать эти звезды на карте неба и зарисовать путь, обозначив направление стрелкой. Затем наблюдатель ждет появления другой звезды и также замечает ее путь.

Наблюдатель, желающий рисовать пути падающих звезд, должен удобно устроиться. Всего лучше вынести на открытое место стол, положить на него карту соответствующей части неба и фонарь с красным стеклом; фонарь должен иметь приспособление, чтобы можно было его совершенно закрывать и делать темноту; красный свет не ослепляет зрения; одновременно с рассматриванием карты можно видеть самые слабые звезды. Весьма удобны карманные электрические фонарики, которые зажигаются, когда наблюдатель нажмет кнопку. Затем следует вынести кресло, чтобы можно было удобно сесть и откинуть голову; гораздо удобнее наблюдать полулежа, например на лонгшезе или на койке; иначе наблюдатель скоро устает.

Успех наблюдений зависит, во-первых, от знания звездного неба; во-вторых, от умения легко запоминать те звезды, мимо которых пролетела падающая звезда; в-третьих, от прозрачности воздуха, и, в-четвертых, от темноты неба. Если на небе Луна, то слабые звезды исчезают, остаются только яркие, а так как их немного, то заметить точное положение пути метеора становится затруднительно, поэтому отметка, какие из наиболее слабых звезд наблюдатель видит просто глазом, может служить мерою при оценке точности наблюдений.

Для рисования путей падающих звезд необходимо иметь хорошую звездную карту, необходимо ее изучить, так сказать, освоиться с нею. Наблюдатель должен уметь быстро находить на небе те звезды, которые нарисованы на карте, и наоборот — находить на карте те звезды, которые он видит на небе; иначе наблюдения будут иметь мало значения. Я рекомендую следующие карты:

1. Карта, изданная профессором В. К. Цераским для наблюдений персеид.

2. Карты, изданные Метеорным отделом Московского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества для наблюдений лирид, леонид и других потоков.

3. «Звездный атлас» проф. К. Д. Покровского, изд. 1923 г. содержащий карту проф. Церасского и специальные координатные сетки для определения положения радиантов (они назы-

ваются сетками Лоренцони, по имени их составителя). На рис. 53 приведена карта в гномонической проекции для нанесения путей леонид.

Употребление карт мелкого масштаба вносит ошибки и ухудшает наблюдения.

Пути метеоров, чтобы не портить самой карты, лучше заносить (в виде стрелок) на прозрачную восковую кальку, которая прикрепляется к карте. После наблюдений на

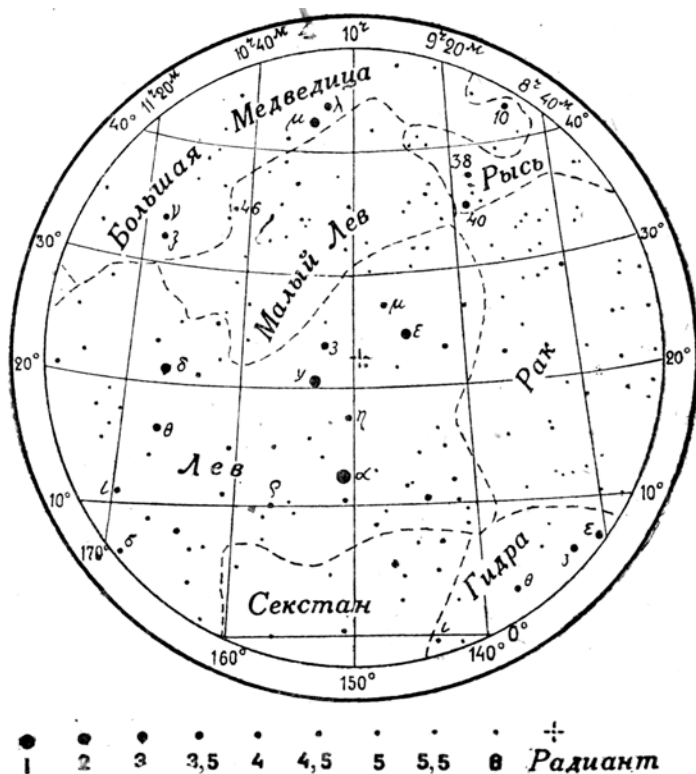


Рис. 53. Карта созвездия Льва в гномонической проекции.

ней отмечается граница карты (рамка), главные звезды, ставится дата и калька прилагается к журналу наблюдений. Около каждой стрелки ставится № метеора по журналу.

При рисовании путей падающих звезд необходимо отметить время, а для этого необходимо выверить часы и знать их поправку. Я уже неоднократно обращал внимание на «Солнечное кольцо» как на наиболее удобный для этой цели прибор. Кроме того, главные радиостанции СССР несколько раз в день передают точное время, по которому всегда можно сверить свои часы (см. главу XII).

Запись остальных наблюдений производится так же точно, как и при счете падающих звезд.

Все записи и зарисовки производятся простым (не химическим) карандашом, так как бывали случаи, когда ценнейшие наблюдения, записанные химическим карандашом, погибали для науки, если бумаге, на которой они были записаны, случилось почему-либо намокнуть: след химического карандаша расплывался и написанное нельзя было прочитать.

Весьма удобно производить наблюдения вдвоем; один заносит пути метеоров на карту, а другой («секретарь») записывает время наблюдения и под диктовку — описание метеора. Плохо замеченные метеоры вовсе не следует заносить, отметив лишь, время. Если же двое наблюдателей рисуют пути падающих звезд, то каждый должен рисовать независимо от другого; сравнение их наблюдений может быть произведено впоследствии, при обработке наблюдений. Если наблюдателей несколько, то можно производить «квалифицированный счет» по способу Эпика. Для этого необходимо наблюдать одну и ту же область неба, двум человекам независимо (на расстоянии 100—200 м); у каждого наблюдателя должен быть секретарь. Обработка таких наблюдений производится специалистами и дает более точные данные о строении и богатстве потоков. Впервые этот метод был применен в СССР (в 1920 г. в Ташкенте).

Замечу здесь, что наблюдения над полетом падающих звезд принадлежат к числу самых занимательных. Но я замечу здесь, что если интересующиеся явлением будут только любоваться падающими звездами, а не наблюдать их, то они скоро надоедят; только при научном наблюдении явление доставит интерес, и рвение не исчезнет.

После того, как рисование путей падающих звезд окончено, необходимо определить координаты начала и конца пути; это делается с возможною тщательностью, и все наблюдения заносятся в таблицу вроде той, которая составляется при наблюдении счета падающих звезд. Для этого в журнале наблюдений следует сделать еще две графы; в каждую из них, уже по окончании наблюдений, при обработке чернилами вписываются координаты ( $\alpha$  и  $\delta$ ) начала и конца метеора.

Определение радианта может быть произведено или графическим или аналитическим путем; первый является наиболее распространенным; мы его здесь изложим. Необходимо иметь карту неба, составленную в гномонической (центральной) проекции (рис. 53). Как известно, всякий большой круг изображается в ней прямою линию или кругом, что очень важно для нашей задачи, так как падающие звезды описывают по небу дуги больших кругов. На такой карте следует нарисовать все наблюденные пути падающих звезд; затем продолжить видимые пути в сторону, обратную движению падающих звезд. Когда это будет сделано, следует приступить к определению радианта. Все

продолженные пути обычно не пересекаются строго в одной точке, но занимают некоторую площадку, центр которой принимается за радиант. В определение положения этой площадки и ее центра неминуемо вносится субъективный момент, величину которого трудно определить заранее для каждого данного случая; но наблюдатель может убедиться на деле, что при некотором навыке этот субъективный момент окажется имеющим малое значение.

Если нанести на гномоническую карту или сетку Лоренциони пути метеоров, наблюдавшихся 22 октября 1933 г. и имеющих

	Начало пути		Конец пути	
I:	$\alpha=91^{\circ},5$ ,	$\delta =+9^{\circ},2$ ;	$\alpha = 92^{\circ},4$ ,	$\delta = 6^{\circ},5$
II:	96,0	12,8	99,0	11,9
III:	82,8	12,0	80,0	11,2

координаты и продолжить их в обратном направлении, то мы увидим, что они пересекутся почти в одной точке с координатами  $\alpha = 90^{\circ}$ ,  $\delta = +14^{\circ}$ , около звезды  $\nu$  О р и о н а. Это есть ориониды, одни из богатых и красивых потоков поздней осени; ориониды связаны со знаменитой кометой Галлея.

Кроме координат радианта, полезно приводить пределы, определяющие размеры площадки, внутри которой пересекаются все продолженные пути падающих звезд.

Наиболее точно положение радианта определяется фотографическим путем, что было сделано для леонид, персеид, орионид и других потоков. Мы приводим результаты для потока драконид, связанных как упоминалось, с кометой Джакобини-Циннера. Теоретический радиант этой кометы, вычисленный астрономом Энзо Мора, сопоставлен с фотографическими определениями, сделанными во время дождя падающих звезд 9 октября 1933 г. в Гамбурге и Потсдаме:

Кометный радиант:		17 ч 43м,1	+55°27
Фотографический радиант	{ Гамбург	17 „ 44,4	55 23
	{ Потсдам	17 „ 40,6	55 29

Как видим, согласие данных очень хорошее.

Фотографический радиант Персеид был еще получен по метеорам, снятым на Московской обсерватории в 1933 г.

К числу интересных задач, имеющих значение при изучении природы падающих звезд, относится определение высоты их полета; эта задача составляет третью группу наблюдений. Для этого необходимо двум наблюдателям производить одновременные наблюдения с двух точек земной поверхности, положение которых известно. Наблюдение подобного рода, а затем и определение высоты полета падающих звезд производится следующим образом.

Двое опытных наблюдателей, снабженные хорошими звездными картами и сверенными хронометрами или часами, выбирают для наблюдения два места, положение которых хорошо известно; расстояние между местами наблюдения должно быть не меньше 20 и не больше 40 км; затем каждый из них записывает время наблюдений и зарисовывает видимый путь



метеора. По времени и по физическим свойствам можно судить о том, наблюдалась ли одна и та же падающая звезда или нет. Если выяснилось, что одна или несколько звезд наблюдались одновременно с обоих мест, то можно приступить к определению высоты. Наиболее простой способ — графический, который и описывается ниже.

Для этой цели надо, однако, познакомиться с новой для нас системой небесных координат, так называемой горизонтальной. В горизонтальной системе координат положение светил относится к плоскости горизонта (рис. 54). Из зенита  $Z$  через светило проведем большой круг небесной сферы. Угловое расстояние светила от плоскости горизонта, измеряемое углом  $h$  или дугой  $h$  называется *высотой*. Угловое расстояние от точки юга  $S$  до пересечения горизонта с проведенным нами

**Таблица III**  
**Главнейшие кометные радианты**

	Д а т а	Координаты		Комета и примечания
		радианта		
		$\alpha$	$\delta$	
1	Янв. 2	105°	-27°	? Загадочный звездный дождь в 1878 г.
2	1—25	178	+38	1912 <i>d</i>
3	Февр. 1	230	+27	1869 II
4	Апр. 4—5	302	+11	Семейство комет 1790 III.
5	23	339	+38	1825 I, 1857 V, 1868 II
6	24—25	319	+24	1911 VI и 1914 <i>b</i>
7	Около 20	189	—27	? Наблюдался в 1898 и 1900 гг.
8	20	255	+34	1849 III
9	21-22	277	+ 16	1864 III
10	21	285	+ 5	1844 II
11	24	255	+24	1748
12	Апрель	206	- 9	
13	»	217	- 9	Нерасследованные радианты в созвездии Весов
14	»	226	- 5	
15	»	235	-14	
16	Июнь 22—25	312	+61	1850 I
17	Июня 20—Июля 10	276	-21	Комета Лекселя и ее семейства.
18		283	- 26	Максимум 8 июля.
19	Июля 24	51	+ 45	1764
20	Авг. 12	299	+ 80	1853 III Наблюдался в СССР
21	24	28	+49	1870 I Восточная ветвь Персеид
22	20	6	+ 45	1871 IV Наблюдался в СССР
23	30-31	73	+40	1911 <i>b</i> Конец августа — начало сентября
24	Сент. 7	Весы		Комета Финлея
25	Окт. 24	282	-21	Она же
26	Окт. 29	30	+46	1757
27		20	+ 19	
28	Нояб. 2	160	+62	
29	27	56	+ 20	
30	Дек. 7—8	190	+67	Комета Понса-Брукса
31	7—8	198	+72	
32	13	200	+ 7	
33	15	39	0	1846 VII
34	21	223	+ 76	1894 I
				Комета Мешена-Тёттля

кругом *ZMK* называется азимутом и обозначается *A* Азимут отсчитывается от точки юга к западу (по часовой стрелке, если смотреть из зенита).

Пусть *A* и *B* (рис. 55) будут места двух наблюдателей, нанесенные на листе бумаги в произвольном, но известном масштабе. По данным о времени наблюдения и по координатам, например, начала пути падающей звезды можно вычислить азимуты ее в обоих местах, считаемые от южной части меридиана. Далее можно вычислить также и видимые высоты  $h_1$  и  $h_2$  Для этой цели всего удобнее пользоваться следующими формулами:

$$\cos h \cdot \sin A = \cos \delta \cdot \sin (\theta - \alpha)$$

$$\cos h \cdot \cos A = -\sin \varphi \cdot \cos \delta + \cos \varphi \cdot \sin \delta \cdot \cos (\theta - \alpha),$$

где  $\theta$  есть звездное время наблюдения,  $h$  и  $A$  — видимые высоты и азимут,  $\alpha$  и  $\delta$  — прямое восхождение и склонение начала или конца пути падающей звезды, а  $\varphi$  — географическая широта места наблюдения.

Вычислив по этим формулам азимуты и отложив их на нашем рисунке, мы получаем точку *C*. Из этой точки мы восставим пер-

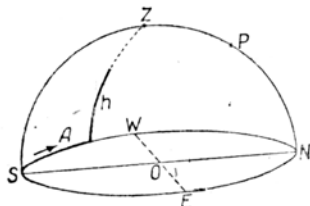


Рис. 54. Система горизонтальных координат.

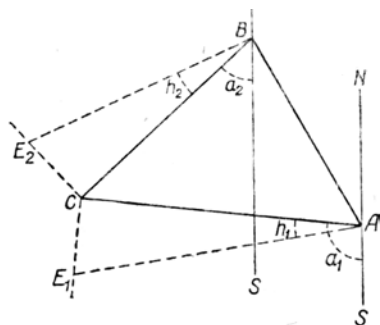


Рис. 55. Определение высоты полета метеоров.

пендикуляр *CE* к линии *AC* и от этой же линии *AC* откладываем угол, равный видимой высоте падающей звезды для наблюдателя *A* именно  $h_1$ ; проложенная линия пересечет перпендикуляр в точке  $E_1$ ; отрезок  $E_1C$  и будет искомая высота падающей звезды над поверхностью земли в момент ее появления; высота эта линейная и выражается, как и линии *AB*, *AC*, *BC*, в километрах.

Подобное же построение мы делаем и для наблюдателя *B*; из точки *C* восставляем перпендикуляр  $CE_2$  к линии *BC*, а из точки *B* откладываем видимую высоту  $h_2$ , вычисленную по вышеприведенным формулам. Проложенная при этом линия *BE* пересечет перпендикуляр в точке  $E_2$ , и отрезок  $E_2C$  будет искомая высота возгорания падающей звезды над поверхностью земли; она также выражается в километрах. Высоты  $CE_1$  и  $CE_2$  должны быть равны между собою, если наблюдения произведены точно.

Положение наблюдателей *A* и *B* не является безразличным для точности результатов. Покойный профессор С. Б. Шарбе рассмотрел вопрос теоретически и пришел к заключению, что высота падающих звезд будет определена всего точнее, если наблюдатели расположатся по направлению, перпендикулярному к румбу радианта (рис. 56).

Приведем пример; в Куйбышеве двое наблюдателей предполагают определить высоту полета персеид 10 августа между полночью и часом утра. Время середины предполагаемых наблюдений равно  $12\frac{1}{2}$  час. по местному среднему времени в г. Куйбышеве. Положение радианта персеид определяется следующими координатами:

$$\alpha = 44^\circ$$

$$\delta = +56^\circ$$

Азимут радианта определится по известным нам формулам, приведенным выше. Он оказывается около  $122^\circ$ , или  $238^\circ$ , т. е. на северо-востоке.

Наблюдатели должны разместиться таким образом, чтобы линия, соединяющая их, была перпендикулярна к румбу радианта. Мы изображали на рис. 56 положение наблюдателей. Радиант персеид будет в направлении  $\Pi$ ; наблюдатели же должны разместиться по линии ВС. Если один из наблюдателей остается в Куйбышеве (в точке  $a$  рис. 56), то другой должен быть или в точке В, или в С, на расстоянии 20—40 км.

Определение азимута радианта и, следовательно, выбор места для наблюдателей мог бы быть решен проще и скорее при помощи небесного

глобуса или сеток небесных карт. У нас в СССР определение высот метеоров по этому методу производится ежегодно Коллективом наблюдателей МОВАГО.

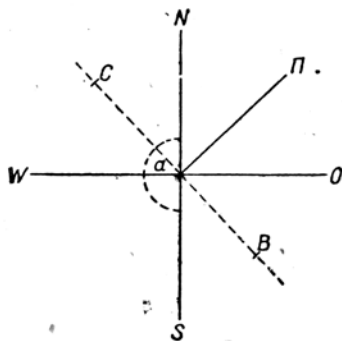


Рис. 56. Размещение наблюдателей при определении высоты \* полета метеоров.

Над падающими звездами можно производить и другого рода наблюдения; все зависит от инициативы наблюдателя; если наблюдения произведены тщательно, то они представят ценный научный вклад. Большой интерес, например, представили бы определения высот телескопических метеоров; для этого достаточен базис в 2 — 3 км; наблюдения можно производить в хорошие (призматические)

бинокли, которые обоими наблюдателями наводятся на одну и ту же область неба, например внутрь четырехугольника звезд Кассиопеи. Не следует смущаться малым числом замеченных метеоров (1—2 в час), зато ценность подобных определений весьма высока. Карту области неба можно взять из звездного атласа проф. А. А. Михайлова, где нанесены звезды до  $7\frac{1}{2}$  величины, или вычертить самому.

Очень большой интерес для изучения метеоров и свойств атмосферы представляет наблюдение метеорных следов. Они почти всегда образуются у быстрых, ярких метеоров на высоте около 80—100 км. У особенно ярких метеоров эти следы видны в течение несколько десятков секунд, а в бинокль или трубу — в течение нескольких минут.

Тотчас после полета след строго прямолинейный и узкий, потом он начинает расширяться, искривляться и смещаться в сторону. Его положение, а также форму, следует зарисовывать возможно чаще, строго определяя при этом момент времени. Из этих наблюдений можно впоследствии получить данные о строении и физических свойствах атмосферы на больших высотах, почти недоступных для изучения другими, методами, а смещение следов укажет на направление и скорость воздушных течений. Особенно ценные наблюдения были получены в Америке в 1932 г. и в СССР в 1933 г. Высокую ценность имеет фотография такого следа, но ее трудно получить.

Фотографическое изучение метеоров доступно каждому наблюдателю, обладающему светосильной камерой; для этой цели вполне подходит советский фотоаппарат «Фотокор» с объективом Ортогос (светосила 1 : 4,5). Фотографирование следует производить на пластинках наивысшей чувствительности при полном отверстии объектива; фотоаппарат направляется на радиант или на зенит и укрепляется неподвижно. Тогда звезды выйдут на пластинке в виде дуг круга. Пластинки следует менять каждые 1—2½ часа (при Луне, сумерках и т. д. еще чаще). В полнолуние или при светлом небе фотографировать не следует, так как уже через 10 мин. пластинка завуалируется. На пластинках выходят только яркие метеоры, ярче первой величины; тотчас после пролета такого метеора объектив следует чем-либо прикрыть на 10—12 секунд, тогда следы звезд в этом месте выйдут с перерывом, и это даст возможность определить точно положение метеора. Если имеется несколько камер, то их следует направить в разные точки неба, тогда вероятность заснять метеор увеличивается. В ночи, богатые метеорами, одна фотография метеора приходится в среднем на 10 снятых пластинок. В Америке и СССР имеются фотографии, где заснято 2 и более метеоров на одной пластинке. Фотография метеора, в особенности обладающего вспышками, искривлениями и т. д., представляет большой интерес для метеорной астрономии. Еще ценнее фотографии метеора, сделанные одновременно с двух разных мест на расстоянии 1/2 — 2 км, камерами, направленными в одну область неба: они дают возможность очень точно получить высоты метеоров над поверхностью Земли.

За всеми указаниями и справками по поводу таких, а также и более сложных наблюдений следует обращаться в Государственный астрономический институт им. Штернберга (Москва 22, Ново-Ваганьковский пер. 5) или в Метеорный отдел ВАГО (Москва, Садовая-Кудринская, 5. Планетарий).

## 8. БОЛИДЫ

Иногда наблюдаются большие падающие звезды, превосходящие яркость планеты Венеры, часто окруженные ореолом и оставляющие за собой светящийся след; они летят сравнительно медленно и затем исчезают. В большинстве случаев их полет и исчезновение не сопровождаются никаким шумом, но иногда слышен свист и затем взрыв вроде громового удара; бывает также, что такой огненный шар разлетается на части. Как уже упоминалось, иногда метеор не успевает сгореть и от торможения воздуха теряет свою космическую скорость; тогда он падает на Землю. В редких случаях находят, упавшие части; они поднимаются и хранятся в музеях под именем метеоритов, аэролитов или уранолитов и проч. Метеориты, или небесные камни, составят предмет следующей главы; в настоящей же мы рас-

смотрим очень яркие падающие звезды, называемые также болидами.

Болиды наблюдаются всего чаще в ночные часы, реже днем; очень яркие из них видны даже при солнечном свете; среди 1500 наблюдений болидов, собранных после Октябрьской революции, имеется около 20 дневных болидов.

Полет болида принадлежит к числу красивейших небесных явлений; к сожалению, их редко приходится наблюдать. Я, например, никогда их не видел и только знаю о них по описаниям и со слов очевидцев.

Припомним теорию падающих звезд, изложенную в предыдущей главе. Мы знаем, какие относительные скорости могут быть у падающих звезд: утренние падающие звезды летят навстречу Земле, а вечерние — ее догоняют; первые имеют наибольшую относительную скорость, а последние наименьшую. Поэтому условия движения в атмосфере будут различные; последствия сопротивления будут также различные: если утренние падающие звезды встречают столь значительное сопротивление, что разлетаются в прах или превращаются в газообразное состояние, то вечерние падающие звезды, встречая сопротивление меньшее, могут глубже проникнуть в воздушный океан и даже упасть на землю в целости или в кусках. Встречая меньшее сопротивление, вечерние падающие звезды меньше накаливаются; вследствие этого распыление вещества происходит медленнее, и если падающая звезда имеет большие размеры, то она окружается сияющей оболочкой из отбрасываемых ею при ударе частиц воздуха. Большую роль здесь играет явление иррадиации, т. е. кажущегося расширения светящегося предмета в силу его яркости. Некоторые исследователи, впрочем, думают, что светящаяся оболочка болидов может иметь несколько десятков метров в поперечнике.

Полет болида сопровождается звуковыми явлениями, если только болид опустился ниже 50—55 км, где воздух становится достаточно плотным для того, чтобы передавать звук. Этот звук в виде грохота, ударов грома, раскатов и т. д. прекрасно слышен и нередко вызывает страх в невольных наблюдателях; если же он летит далеко от наблюдателя, то шума не слышно; тогда болид называется немым.

Звуки болидов происходят, как доказали Босс, Фабри и Эсклангон, оттого, что болид при движении в атмосфере образует сгущение воздуха, расходящееся в стороны в виде так называемых баллистических волн, открытых физиком Махом. Эти баллистические волны переходят в воздушные колебания, аналогичные звуковым, и потому при полете болидов слышен главный удар — прохождение баллистической волны, и потом раскаты — звуки от более удаленных точек траектории, как в случае молнии. Это и другие явления иногда могут дать два удара. Если болид летит от наблюдателя, то баллистические волны не

могут дойти до него, так как они распространяются в одном направлении, и потому болид окажется немым. Видимые взрывы и вспышки болидов никакими особенными звуками не сопровождаются; дробление метеоров на части также не имеет никакого отношения к звукам, да и иметь не может, поскольку этот треск не был бы слышен за десятки, а иногда и сотни километров.

Если болид до вступления в земную атмосферу двигался по эллиптической орбите, эксцентриситет которой лишь несколько превышает эксцентриситет земной орбиты, то скорость его движения будет меньше скорости падающих звезд вообще и несколько больше скорости движения Земли: она будет заключаться между 29 и 41 км; она может, например, равняться 32 км в секунду; подобный болид, догоняя Землю, вступит в ее атмосферу с относительной скоростью в 3 км ( $= 32 - 29$ ). Но, благодаря притяжению Земли, эта скорость увеличится на 11 км/сек и потому его скорость будет 14 км. Это увеличение вычисляется по формуле Скиапарелли:

$$v = \sqrt{u + 2gR}$$

Здесь  $u$  — скорость метеора по отношению к Земле,  $v$  — скорость, увеличенная земным притяжением;  $g$  — ускорение силы тяжести и  $R$  — радиус Земли. Ни один метеор не может упасть на землю со скоростью меньше 11 км/сек. Земное притяжение лишь немного увеличивает число падающих на Землю метеоров, — благодаря ему, по расчетам Клейбера, из 5500 метеоров один пролетает таким образом, что может сделаться спутником Земли.

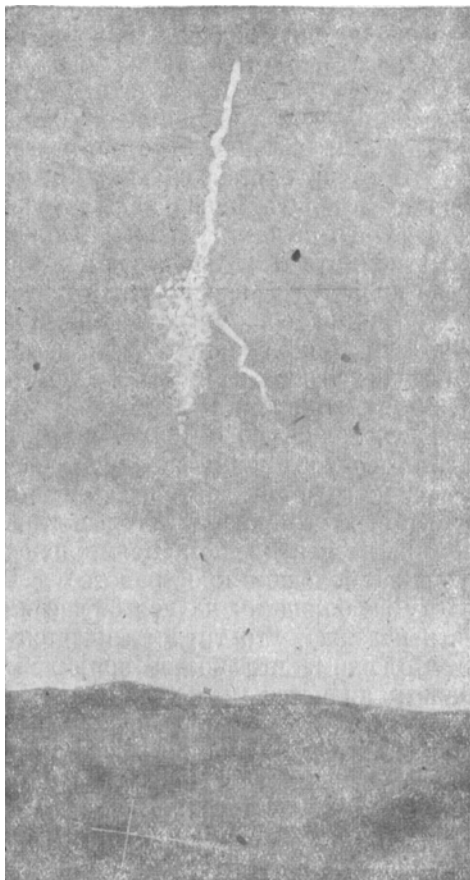


Рис. 57 Болид 27 июля 1894 г. над Калифорнией.

Такие метеорные спутники, к сожалению, слишком малы, чтобы их можно было заметить в настоящее время. До настоящего времени появление болидов и их движение изучены весьма мало; все, что можно о них сказать, — это то, что они наблюдаются осенью чаще, чем в другие времена года. Поэтому, читатель согласится, что всякое наблюдение над болидами является весьма желательным. Необходимо заметить, что наблюдения над болидами не так легки: за болидами надо, так сказать, охотиться; месяцы могут пройти, и ни одного болида не удастся наблюдать. Астрономы-специалисты, состоящие на службе в постоянных обсерваториях, так дорожат всяким ясным вечером, что не имеют возможности посвящать своего труда охоте за болидами; тем более, что за этим делом можно потерять много ясных вечеров, которые они могли бы употребить на определенные наблюдения. Вот причина, почему участие друзей и любителей астрономии в наблюдениях этого рода является неоценимым. При этом полезно руководствоваться следующими общими замечаниями и соображениями.

Болиду появляются часто в вечерние часы. Поэтому наблюдение следует начинать около этого времени вместе с наблюдениями метеоров. В восточной части неба больше вероятности увидеть болид, но он будет быстрым, коротким, обычно белого цвета, со следом. В западной части неба болиды появляются реже, но зато они летят несколько секунд, разбрасывают искры, имеют огненный хвост, который тянется за болидом, и полет их совершается медленно. Желательно иметь перед собою открытое небо на большом пространстве и продолжить наблюдение или охоту за болидами на целый час или два. При таких условиях есть надежда, что труд увенчается успехом.

Положим, что болид появился и удалось проследить его полет; является необходимость зарисовать его на звездную карту. Только подобное наблюдение будет иметь цену. К сожалению, это вовсе не так легко, как кажется, и даже опытные наблюдатели могут впасть в данном случае в грубую ошибку. Если бы все болиды появлялись ночью, когда небо украшено звездами, то рисование полета болида свелось бы к наблюдению крупной падающей звезды и ничем от него не отличалось бы; но болиды, к великому огорчению наблюдателей, появляются иногда тогда, когда звезд еще не видно, и когда, следовательно, невозможна точная ориентировка, какая бывает при наблюдении падающих звезд. Как же определить при таких условиях путь полета болида?

Мы постараемся дать несколько общих советов, но заметим, что успех в данном деле во многом зависит от находчивости и умения самого наблюдателя.

Как только появится болид, необходимо по возможности точнее заметить место его появления и исчезновения; заметить а удержать это в памяти возможно только в том случае, если

вблизи или на горизонте видны земные неподвижные предметы. Не сходя с места, следует точно определить, на какой видимой высоте, например над крышею строения или над другим предметом, было видно явление. Следует заметить и время, когда наблюдался полет болида. Затем, когда смеркнется и на ночном небе загорятся звезды, следует взять звездную карту и, став снова на то же место, с которого был замечен болид, разыскать на карте те звезды, которые приходится по пути полета болида, тщательно зарисовать этот путь и записать время по проверенным часам. Если это сделано, то можно вычислить прямое восхождение и склонение начала и конца полета болида весьма просто.

Через час или два после того, как полет болида нанесен на звездную карту, на то же место небесного свода вступят другие звезды; тогда можно повторить рисование пути болида и снова определить прямое восхождение и склонение начала и конца пути.

Согласия между обоими определениями вообще не будет, но за неимением других данных придется взять среднее из обоих определений.

Вот в общих чертах правила для наблюдения болидов. Наблюдатель должен дать точные сведения о географическом положении места наблюдения, о времени появления болида, о видимой его величине, о цвете его и о всех других обстоятельствах, на которые обратил свое внимание наблюдатель. Излишне также говорить, что наблюдение значительно выиграет в своей точности, если болид будут наблюдать несколько лиц и если каждое из них, независимо от других, зарисует видимый путь болида по указанному способу и даст свое описание.

Для полного определения пути данного болида он должен быть наблюдаем по крайней мере с двух мест; поэтому необходимо, чтобы двое любителей астрономии, или еще лучше целый коллектив любителей, интересующихся болидами и живущих на некотором расстоянии друг от друга, условились наблюдать их или, лучше сказать, одновременно охотиться за ними. При таких условиях труд, приложенный к наблюдениям этого рода в течение одного года, даст материал более ценный, чем отрывочные и случайные наблюдения, произведенные многими любителями в течение десяти или более лет. Подобных систематических наблюдений в СССР не имеется, и пока они не будут установлены, до тех пор едва ли можно рассчитывать и на быстрые успехи в деле изучения природы болидов. Вследствие этого я еще раз обращаю особое внимание любителей и друзей астрономии на этот отдел науки.

Приведу пример для пояснения изложенных правил.

1902 г. 25 августа во Пскове наблюдали болид; он появился в  $8^{\text{ч}} 33^{\text{м}} .2$  среднего времени. По сверке часов оказалось, что они отстают на  $2^{\text{м}} .4$  про-



тив среднего Пулковского времени; поэтому время появления болида имело место в

$$\begin{array}{r} \text{поправка.} \quad \frac{8^{\text{ч}} 33^{\text{м}},2}{+2,4} \\ \hline 8^{\text{ч}} 35^{\text{м}},6 \end{array} \text{ среднего Пулковского времени.}$$

Наблюдатель N старательно заметил полет болида и, не сходя с места, запомнил пути болида относительно строений, а когда смерклось и засияли звезды, он стал на то же самое место, восстановил в памяти путь болида заметил, между какими звездами он проектировался, и тотчас же нарисовал его на звездную карту; это было в 9<sup>ч</sup> 45<sup>м</sup> вечера. Координаты нарисованного пути оказались следующими:

$$\begin{array}{ll} \text{начало пути} & 13^{\text{ч}} \quad 53^{\text{м}} \quad +19^{\circ},5 \\ \text{конца} \quad \text{,,} & 14 \quad 44 \quad +15^{\circ},2 \end{array}$$

Так как между появлением болида в 8<sup>ч</sup> 33<sup>м</sup>,2 и нанесением его пути на звездную карту в 9<sup>ч</sup> 45<sup>м</sup> прошло 1<sup>ч</sup> 11<sup>м</sup>,8 среднего времени, что равно 1<sup>ч</sup>11<sup>м</sup>,8 + 0<sup>м</sup>2 = 1<sup>ч</sup>12<sup>м</sup>,0 звездного времени, то мы заключаем, что небесная сфера повернулась на угол, который, будучи выражен по времени, равняется 1<sup>ч</sup>12<sup>м</sup>,0, а потому прямые восхождения начала и конца пути болида на 1<sup>ч</sup>12<sup>м</sup>,0 меньше вышеприведенных прямых восхождений начала и конца нарисованного пути, т. е. равны 12<sup>ч</sup> 41<sup>м</sup> и 13<sup>ч</sup> 32<sup>м</sup>.

Что же касается до склонения, то оно одно и то же. Действительно, неизменное направление пересекает вращающуюся небесную сферу по одному и тому же кругу, параллельному экватору. На основании изложенного координаты начала и конца видимого пути болида будут:

$$\begin{array}{ll} \text{начала пути} & 12^{\text{ч}} \quad 41^{\text{м}} \quad + \quad 19^{\circ},5 \\ \text{конца} \quad \text{,,} & 13 \quad 32 \quad + \quad 15^{\circ},2 \end{array}$$

Если бы тот же самый болид был наблюдаем с другого места, то явился бы возможность определить высоту начала и конца истинного пути болида; тогда можно было бы решить, принадлежит ли он известному радианту или нет.

До настоящего времени, как я выше заметил, правильных наблюдений над полетом болидов не производится, и вследствие этого их появление считается случайным.

В наблюдениях болидов любитель астрономии найдет обширное поле для своей деятельности. Он может быть уверенным, что всякое точное наблюдение будет с благодарностью принято специалистами и послужит ценным вкладом в дело изучения природы болидов. Здесь, как и повсюду, с особенной силой выступает значение коллективных усилий, направленных на достижение одной задачи. Только организацией коллективной работы можно добиться успехов в этой области, и создание сети наблюдателей во многом продвинуло бы нас в изучении этой важной, но мало исследованной, области астрономии.

## ГЛАВА IX

### НЕБЕСНЫЕ КАМНИ, ИЛИ МЕТЕОРИТЫ

От времени до времени наблюдается падение камней с неба. Очевидцы говорят, что падение сопровождается световыми явлениями и даже шумом и грохотом, наподобие раскатов грома; иногда камни, с громадной силой ударяясь о землю, зарываются в нее.

Камни, упавшие с неба, называются *метеоритами*, *аэролитами* или *уранолитами*; они бывают весьма различных размеров: ют камней весом в доли грамма до глыб в несколько сот килограммов. По своему строению и составу они представляют большое сходство и делятся на три типа: каменные, железо-каменные (или палласиты) и железные. Процент падения железных метеоритов очень мал (около 5%), палласитов около 15%, так что основную массу составляют каменные метеориты. Для астрономов небесные камни имеют весьма важное значение: они представляют собою единственные светила, которые можно связать, над которыми можно производить опыты и которые можно исследовать лабораторным путем; все же другие светила для нас недостижимы: мы можем их только видеть и наблюдать. Метеориты представляют возможность вещественным образом проверить справедливость построенных гипотез относительно химического состава и физического строения некоторых небесных светил. Вот почему всякий метеорит является ценным предметом для естествоиспытателя вообще и для астронома — в особенности.

Астрономические условия, обуславливающие падение метеоритов, те же самые, которые обуславливают появление болидов: это догоняющие или вечерние падающие звезды; об этом подробно сказано в двух предыдущих главах. Вечерние падающие звезды, догоняя Землю; медленно влетают в атмосферу; они встречают меньшее сопротивление и могут достигнуть поверхности Земли.

Наибольший из упавших и найденных метеоритов в СССР — это железный метеорит Богуславка, выпавший на Дальнем Востоке 2 октября 1916 г.; он является также наибольшим в мире из железных метеоритов, падение которых наблюдалось, и состоит из двух масс в 199 и 58 кг. Затем идет саратовский метеорит (главная масса 130 кг, общая собранная масса 221 кг), выпавший в сентябре 1918 г., затем Кашин (упал 27 февраля 1918 г., весит 122 кг), Оханск (упал в августе 1887 г., весит с осколками 146 кг) и т. д. (по установившемуся обычаю названия метеоритам даются по месту их падения или находки).

Так как каменные метеориты легче разрушаются и труднее отличимы от земных пород, то среди находок преобладают железные метеориты. Из тысячи известных сейчас различных метеоритов около половины составляют находки. Среди этих находок имеются наибольшие из известных метеориты, которые, как сказано, являются железными.

В 1290 г. близ г. Великого Устюга, Северодвинского края, выпало большое количество каменных метеоритов, поломавших деревья в соседнем лесу. В 1492 г. 16 ноября в Германии в департаменте Верхнего Рейна, у города Энзисгейма, выпал метеорит весом 260 фунтов (свыше 100 кг), который уцелел до сих пор. На нем была сделана надпись: «Об этом камне многие знают много, все — что-нибудь, но никто достаточно». В 1662 г. выпали метеориты 29 ноября в с. Новая Ерга, в б. Вологодской губ., и были посланы в тогдашний Кирилдово-Белозерский монастырь, где они были потеряны. В 1751 г. 26 мая в Славонии, в сел. Аграме, железный метеорит пробил на лугу отверстие глубиной 4 м. В 1803 г. 16 апреля (или 6 флореаля 11 года республиканского календаря) сразу выпало 2—3 тысячи каменных метеоритов близ деревушки Эгль во Франции. Их падение исследовал физик Био, после чего ученые перестали сомневаться в том, что с неба могут падать камни. Наибольший из таких дождей выпал 30 января 1868 г. (100000 камней) в Польше, около г. Пултуска, и 19 июля 1912 г. в США, в штате Айова, у Хольбрука (14 000 камней). Метеорит Гессле 1 января 1869 г. выпал на тонкий лед озера Арно в Швеции и даже не пробил его, — настолько сильно затормозилась его скорость сопротивлением воздуха.

Метеорит Нахла (Египет) упал в 1911 г. и убил собаку — единственный несчастный случай от метеорита в наше время, если не считать падения тунгусского метеорита, будто бы погубившего при взрыве тунгусских домашних оленей. Так как метеорит падает с небольшой скоростью, то он уже не светится и, редко бывает горячим, обычно же он чуть теплый и потому не может быть причиной пожара, как иногда думали раньше, да и теперь иногда считают, не принимая во внимание проверенные данные. Среди  $5\frac{1}{2}$  сотен падений метеоритов (к 1935 г.) 20 упали на здания и 15 — на дороги; если подсчитать их площадь по отношению ко всей Земле, то окажется, что на Землю в год падает 10—20 тысяч метеоритов, из которых находят только 4—5 штук.

Мы укажем здесь еще на несколько замечательных падений камней с неба.

В 1872 г. 23 июля, в ясный летний день упал метеорит возле Блуа, во Франции, при страшном треске и взрыве; взрыв был слышен на 80 км вокруг; метеорит упал в расстоянии 15 м от ошеломленного пастуха и врезался в почву на глубину 1,6 м; он весил около 50 кг.

Наибольший метеорит, известный в настоящее время, находится около фермы Гоба, близ города Блюмфонтейна, в Южной Африке. Он был открыт в 1920 г. Этот железный метеорит имеет вес около 60 т, кроме того, он частично окружен окисленным железом, так что его первоначальный вес оценивается в 90 т. Замечательно, что этот метеорит находится на поверхности земли и сравнительно мало углубился в землю. На поверхности этого метеорита могут одновременно расхаживать 10—12 человек. Этот метеорит состоит на 83% из железа, на 16<sup>1</sup>/<sub>2</sub>% из никеля, остальное составляет хром, следы серы, фосфора и углерода.

Наибольшим метеоритом, падение которого наблюдалось, но который еще не найден, является знаменитый тунгусский метеорит, выпавший 17/30 июня 1908 г.

Еще недавно мы все с захватывающим интересом следили за результатами экспедиций Л. А. Кулика, снаряженных Академией наук в непроходимую сибирскую тайгу для отыскания тунгусского метеорита. Этот метеорит, упавший в тайге в Енисейской области, надо полагать по многим данным, обладал большими размерами. Падение это произошло 30 июня 1908 г, в 0 час. 16 минут утра по гринвичскому времени; этот момент был вычислен по времени прихода волны небольшого землетрясения в Иркутск и, по записям барографов, зарегистрировавших взрыв, происшедший при падении. Гул этого взрыва был слышан от Туруханска до Иркутска на расстоянии 1500 км и от Минусинска до Мухтуи — также почти на 2000 км. Полет метеорита происходил с чрезвычайной скоростью от 50 до 90 км в секунду, что в два или три раза превосходит скорость движения Земли вокруг Солнца. Благодаря своей массе, метеорит почти не задержался в атмосфере и с космической скоростью ударился о поверхность Земли; его энергия движения перешла в тепловую, и он произвел необычайно сильный взрыв, который; был зарегистрирован сейсмографами в Иркутске, Тифлисе, Ташкенте, и даже в Иене, за 5000 км от места падения. Воздушная волна, вызванная взрывом, была отмечена на всех барограммах метеорологических станций в Сибири, а также чувствительными приборами в Европе, Америке и даже в Батавии (в Бразилии в Ю. Америке). Эта волна обошла кругом земной шар и вторично была зарегистрирована через 30 часов в Батавии. Скорость воздушных волн оказалась такой же, как при извержении вулкана Крокатоа на Зондских островах в 1883 г. Раскаленная воздушная волна произвела пожар леса в тайге, следы которого не уничтожились за 20 лет. Вместе с тем воздушная волна при своем прохождении вызвала даже перемещения почвы, отмеченные прибором—сейсмографом в Иркутске. Самое падение метеорита, рассыпавшегося, по-видимому, на крупные куски, наблюдало большое число людей, а яркий свет, сопровождавший полет метеорита, несмотря на дневное время, был

виден на пространстве полутора миллионов квадратных километров; место падения метеорита находится в области реки Подкаменной Тунгуски  $\varphi = 60^{\circ}57'$ ,  $\lambda = 101^{\circ}54'$

Интерес, вызванный этим грандиозным метеоритом, навел сотрудника Академии наук Л. А. Кулика на мысль о желательности снаряжения экспедиции для нахождения этого метеорита. В результате экспедиции выяснилось, что метеорит выпал роем отдельных тел и при своем падении произвел такой гигантский взрыв, что повалил лес на площади до 4000 кв км. Падение леса особенно характерно тем, что поваленные деревья обращены вершинами в разные стороны, наружу от центра взрыва; они занимают до 8000 кв км. Центральная площадь, пространством до 25 кв км, усеяна десятками воронок, из них некоторые достигают от 50 до 60 м в диаметре и нескольких метров в глубину.

Академия Наук снарядила три экспедиции для нахождения метеорита, но пока еще самый метеорит в указанной местности не найден, хотя падение его в настоящее время не подлежит никакому сомнению.

Л. А. Куликом установлен, в общих чертах, факт и место падения метеорита. Детали ждут дальнейших исследовательских работ, которые и намечаются в ближайшие годы. Наиболее полно весь этот материал освещен в статье Астаповича в «Астрономическом журнале» за 1934 год.

Из большого числа падений камней человеку удастся наблюдать лишь немногие; на долю же специалистов выпадает счастье наблюдать ничтожное число. Объясняется это тем, что появление болидов происходит неожиданно, а полет совершается в весьма короткий промежуток времени; астрономов же на всем земном шаре сравнительно весьма мало, в среднем один на миллион жителей. Предсказать появление болидов вообще и падение небесных камней пока нельзя, но со временем, вероятно, удастся определить те дни, когда возможно ожидать падения небесных камней.

Некоторые из поднятых метеоритов имеют весьма крупные размеры. В 1771 г. Паллас открыл в б. Енисейской губ. метеорит, который весил 672 кг и, был привезен им в Петербург. В 1899 г., 28 февраля (12 марта нов. ст.), около 10 часов вечера по петербургскому времени влетел в земную атмосферу метеорит значительных размеров. От сопротивления воздуха он накалился, засветился и взорвался. Свет и шум взрыва распространились на большое протяжение. Один из рыбаков дер. Бьюрбелле, возле Борго в Финляндии, был разбужен сильным треском и светом; в испуге он выскочил на улицу, но там все было тихо, спокойно и темно. На следующее утро, отправляясь на работу и желая сократить путь, он поехал прямо по льду через морскую бухту и в нескольких сажнях от берега совершенно случайно заметил во льду большую пробоину около 3 м диаметром, в которой лед был раскрошен, а вокруг пробоины лед был обрызган землею

и илом, выкинутым, очевидно, с морского дна. Связывая это событие с сильным ударом, бывшим накануне, он дал знать о своем открытии местным властям; из Гельсингфорса тотчас же была отправлена комиссия профессоров-специалистов для поднятия метеорита, если он там находится. Был поставлен алмазный бур и приступлено к обследованию всех подводных камней, лежавших в пределах пробоины. Глубина воды не превышала одного метра, но морское дно в этом месте очень илистое и среди ила находится много гранитных валунов. Пришлось долго исследовать, доставая буравом пробу за пробой; наконец, извлекли кусок камня, похожего на лавовый туф, — мелкозернистую массу, резко отличающуюся своим внешним видом от встречающихся в Финляндии минералов. Добытый кусок был исследован; часть его была отослана в Упсальский университет; затем были приготовлены пластинки для микроскопического исследования и, наконец, одна поверхность была отшлифована. Материал признан метеорного происхождения. Таким образом, нашли метеорит, упавший 28 февраля. Тогда приступили к сооружению в Бьурбелле деревянного сруба-колодца, которым окружили все то место, где предполагалось присутствие метеорной массы; из сруба выкачивали воду, но вследствие илистого дна дело оказалось нелегким; к тому же оно стоило не дешево. После нескольких неудач морское дно внутри сруба было осушено, и затем из ила стали вытаскивать камень за камнем, тщательно обмывая каждый из них от ила и грязи и подвергая исследованию. Таким образом вынуто 480 кг метеоритной массы, разбитой на тысячи кусков. Больших кусков оказалось 15, из них один весит 83 кг, остальные от 10 до 15; сотня кусков величиною с яблоко, тысячи — величиною от горошины до орешка и, наконец, два мешка метеоритного песку. Все части бьурбельского метеорита находятся в гельсингфорской геологической комиссии; они размещены в витринах и доступны осмотру публики как просто глазом, так и в микроскоп. Этот метеорит состоит из очень большого числа самых разнообразных минералов; на многих больших и малых кусках сохранилась черная кора, происшедшая от плавления поверхности при накаливании метеорита в пределах земной атмосферы. Метеоритная масса представляется очень крупной и мелкозернистой, серого цвета с шаровыми железистыми крупинками, величиною от горошины до булавочной головки и меньше; довольно много жилок никелевого железа и блесков разных колчеданов.

Вот небесная добыча, доставшаяся кропотливым трудом и дорогою ценою; вот дар, вещественным образом связывающий пашу маленькую Землю с мирами безграничной вселенной.

Давно уже встречали у эскимосов, живущих на берегах пролива Смита, в Гренландии, бывшее до работ в советском секторе Арктики самым северным поселением на земном шаре (77—78° сев. шир.) поделки из метеорного железа, но только

в 1895 г. американскому полярному путешественнику Пири удалось найти самый метеорит на мысе Йорк в Гренландии. Там было три больших куска метеоритов: один — весом в 450 кг, другой — около 3400, а третий — в 10 раз больше. Два меньших куска были взяты полярным исследователем Пири в Нью-Йорк в 1895 г., а в 1896 и 1897 гг. он совершил два новых плавания для того, чтобы взять наибольший метеорит, который он и доставил в Нью-Йорк; его размеры весьма внушительные:  $12 \times 8 \times 6$  футов, а весит он 33,1 тонны.

Другой гигант-метеорит находится в частной коллекции профессора Генриха А. Барда в Рочестере (Соединенные Штаты Северной Америки), собиравшего в течение всей своей жизни небесные камни. Метеорит, о котором идет речь, весит несколько десятков тонн; он найден в Мексике, возле города Вокубитро, по имени которого он и назван. Мы приводим его изображение на рис. 58. Он лежал зарытый в поле; из земли выглядывала только небольшая его часть. 28 рабочих отрывали его в течение двух дней. Внутреннее строение его — кристаллическое железо. Отшлифованная поверхность, будучи протравлена кислотой, представляет прекрасные так называемые видманштетовы фигуры.

Наиболее выдающиеся коллекции метеоритов находятся: 1) в Лондоне, в Британском музее; 2) в Париже, в Естественно-историческом музее; 3) в Москве, в Минералогическом музее Ломоносовского института Академии наук СССР; 4) в Нью-Йорке, в Естественно-историческом музее и 5) в Вене, в Естественно-историческом музее.

Коллекция метеоритов Академии наук занимает одно из первых мест в мире. Эта коллекция не претендует на особое изобилие экземпляров. В ее каталоге вписано около 700 образцов, представляющих собой как целые экземпляры, так и части от отдельных метеоритов. Но самое ценное в этой коллекции это то, что в ней собрана большая часть тех 80 метеоритов, которые выпали или были найдены на территории СССР. Кроме того, здесь мы имеем ряд мировых уник (редкостей), как например — наибольший палласит, или так называемое «палласово железо», т. е. метеорит из смеси камня и железа, весом около 688 кг; здесь же находится и наибольший из железных метеоритов с наблюдавшимся падением, «Богуславка», весом в 257 кг (упал в 1916 г. на Дальнем Востоке). Кроме этих метеоритов имеется целый ряд образцов, замечательных по своей форме или сложению или составу. В этой коллекции хорошо представлены и метеоритные дожди: железный, Ургайлык-Чинге, обнаруженный в Танну-Туврнской республике в 1913 г., полужелезный, палласитовый дождь «Брагим», из Белоруссии, и замечательный, поднятый в прошлом, 1934, году Л. А. Куликом, каменный дождь «Первомайский», насчитывающий сейчас около 100 индивидуальных экземпляров, весом около 60 кг.

Кроме падения небесных камней, наблюдается падение крошечных телец и космической метеорной пыли. Мы заимствуем, из книги Мейера «Мироздание» несколько описаний таких падений.

В 1869 г. в Гессле (Швеция) масса метеорных камней упала на лед озера Арно, где их легко можно было найти. Между ними были кусочки весом в  $\frac{1}{17}$  грамма. В данном случае мы имеем дело с камнями заметных размеров. Что касается космической пыли, то она может быть заметна только при массовом падении, и всего легче — в полярных странах, где обширные снежные покровы отличаются своею чистотой, где нет пыли и дыма, свойст-

венных городам и в особенности столицам. Упавшая пыль в большинстве случаев состоит исключительно из самородного, порошкового железа, которое, окисляясь, окрашивается в красный цвет и превращает белоснежный покров в красное поле. Норденшильд занялся тщательным изучением подобной пыли и со-



Рис. 58. Бокубиритский метеорит.

общил, между прочим, об одном падении пыли, происшедшем 3 мая 1892 г. Следы этого падения можно было проследить в Дании, Швеции, Северной Германии и Финляндии, на пространстве, имеющем в длину 1650 км и в ширину 300—500 км. По его расчету все выпавшее количество пыли равно 5 000 000 т.

Норденшильд сообщает, кроме того, о следующих падениях пыли: 6 ноября 1472 г. над Константинополем опустилось черное облако, из которого выпала горячая пыль с неприятным запахом, образовавшая слой в ладонь. В 1586 г., 3 декабря, в Ганновере, при громе и молнии, выпала чернот пыль, которая будто бы была так горяча, что обугливала доски. 13 и 14 марта 1813 г. красное облако заволочло большую область в Южной Италии, «так что в 4 часа пополудни пришлось зажечь огонь, а народ поспешил в церковь, полагая, что наступило „светопреставление“». Из этого облака около Кутро, в Калабрии, выпали метеорные камни, а во многих других городах Италии выпал красный дождь вместе с пылью кирпичного цвета». Химическое исследование пыли обнаружило, между прочим, присутствие хрома, который встречается в метеорных камнях, но никогда не встречается в вулканической пыли.

Постоянное падение на землю падающих звезд, небесных камней большего или меньшего размера, наконец, космической пыли — все это увеличивает объем и массу Земли: она непре-



равно растет. Правда, для периода времени, охватывающего жизнь одного человека, этот рост незаметен и не может быть измерен, но для периодов, охватывающих века и тысячелетия, он может быть замечен.

Космическая пыль, разлагаясь и смешиваясь с органическими остатками, образует почву, отличить которую от обыкновенной почвы нет возможности. Космическая пыль лишь в редких случаях может быть наблюдаема в чистом виде; вот почему небесные камни, упавшие на Землю в кусках больших или меньших размеров, являются весьма ценным астрономическим материалом.

Изучение метеоритов показывает, что они состоят из тех же веществ, что и земной шар в целом. В 1929 г. физик Панет с сотрудниками произвел анализ метеоритов на радиоактивность и нашел, что их возраст после затвердевания составляет от ста миллионов до двух с половиной миллиардов лет. Вопрос о происхождении метеоритов до сих пор не выяснен; по одним предположениям они образуются в солнечной системе в результате взрывов на больших планетах (теория московского астронома С. К. Всехсвятского), по другим они проникают вместе с метеорными потоками извне солнечной системы от других звезд и, может быть, как-либо связаны с большими массами темных туманностей, состоящими из твердых пылинок. Меньшая часть метеорных потоков, связанная, как мы видели, с некоторыми кометами, составляет постоянную принадлежность солнечной системы.

При составлении прежних коллекций метеоритов обращали, главным образом, внимание на место их падения; с астрономической точки зрения место падения имеет мало значения. Для определения астрономического характера метеорита мало знать день падения, — необходимо знать направление его полета при падении.

К сожалению, только в весьма редких случаях известно направление полета метеорита при его падении на Землю.

Припоминая все изложенное о падающих звездах, болидах и метеоритах, можно вывести несколько общих правил, соблюдение которых необходимо при собирании метеоритов. Результаты наблюдений, находок или опросов желательно представить примерно в таком виде:

1. Дата явления, с указанием момента падения по поясному времени.
2. Место наблюдения и положение наблюдателя (лучше вычертить схематический план местности).
3. Состояние неба, облачность, направление и сила ветра.
4. Описание звуковых явлений (их направление; указать, на какие земные звуки были похожи, были ли сплошными или с перерывами, были ли слышны удары и сколько; какую продолжительность имели все звуки; не было ли слышно свиста, жужжания, звука падения на землю?).

5. Где были слышны звуки в окрестностях? Были ли они слышны в домах?

6. Если сначала наблюдался болид, то следует указать, где он пролетел, указать азимут и высоту появления и исчезновения для каждого наблюдателя независимо; указать направление полета, угол наклона к горизонту.

7. Укажите продолжительность полета болида, его яркость, форму, цвет, размеры по сравнению с Луной на той же высоте; дайте рисунок.

8. Оставлял ли болид искры и след после полета; не было ли видно в конце полета светлого или темного облачка?

Положение этого облачка и следа следует также измерить и приложить рисунки.

9. Не наблюдалось ли дребезжание стекла, сотрясение земли, порывов ветра, вихрей?

10. Какое впечатление произвело падение на людей и животных, как далеко его видели?

11. Не наблюдалось ли выпадения темной сажи? Если да, то ее следует тщательно собрать для анализа.

12. Не замечалось ли при падении метеорита мелькание в воздухе темного предмета?

13. В какой последовательности и через сколько времени следовали друг за другом появления болида, образование облачка, выпадение метеорита и звуковые явления?

14. Чем обратило на себя внимание падение метеорита? Как глубоко он вошел и под каким углом (нужен рисунок), разбросал ли землю вокруг и как именно?

15. Как скоро после падения наблюдатель увидел метеорит, какую он имел температуру, какой вид имели края ямы и сам метеорит?

16. Упал ли один метеорит или несколько и как они были расположены. Что потом сделали с метеоритом и какова была его дальнейшая судьба?

Если наблюдатель узнал достоверно о падении метеорита, то он должен принять все меры к его сохранению в целостности и тотчас уведомить об этом Метеоритный отдел Ломоносовского института Академии Наук СССР (Москва, 17, Старо-Монетный, 33/35), который ведет сбор и изучение метеоритов. За находку метеорита выдается большая премия.

Иногда во время полевых работ находят давно упавшие метеориты. На них также следует обратить внимание — они либо железные, легко отличимые, либо каменные, обычно серые внутри, иногда с металлическими блестками, а снаружи покрытые черной, часто блестящей, корой. Вместе с описанием их следует также направить в Академию Наук, куда письма и посылки идут бесплатно с надписью: «Бесплатно на основании постановления СНК».

## ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

### 1. ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД

**В** китайских летописях, у древних греческих и римских писателей и у летописцев новейших времен нередко встречаются описания появления «новых» звезд. При описании говорится, что неожиданно появившиеся звезды, после более или менее продолжительного блистания, исчезали, как бы потухали. Самая замечательная между ними — это звезда Тихо-де-Браге, появившаяся в ноябре 1572 г. в созвездии Кассиопеи; ее блеск равнялся блеску Венеры, — она могла быть видима при ясном небе просто глазом даже в самый полдень; затем блеск ее уменьшался, и в марте 1574 г. звезда стала невидимою. Дальнейшая судьба звезды неизвестна, так как телескопы были изобретены только 35 лет спустя.

К таким же новым звездам причислял Давид Фабрициус одну из звезд третьей величины в созвездии Кита, в его «груди», от которой утром 13 августа 1596 г. он измерял расстояния Меркурия и которую он прежде не видел. Он не мог найти ее ни в одном из звездных каталогов того времени. В октябре он не мог уже видеть ее. Должно быть Д. Фабрициус только тогда заметил, что эта звезда была новая, когда она исчезла; иначе нельзя понять, почему он раньше не сообщил ученому миру о своем замечательном наблюдении. Затем звезда была забыта, и только в 1638 г. Ф. Гольварда, наблюдая лунное затмение, случайно заметил «в груди» Кита звездочку третьей величины; в январе следующего года она поблекла и исчезла с глаз, а в декабре снова появилась. Тогда вспомнила про звезду Фабрициуса; что и та и другая находятся на одном и том же месте небесного свода; нашли, что и в Уранометрии Байера помещена на соответствующем месте звездочка четвертой величины, обозначенная греческою буквою омикрон ( $\omicron$ ). Тогда стало очевидным, что эта звезда бывает видимою только по временам, бывает различной яркости, и что между своими появлениями она исчезает для невооруженного глаза.

Как ни поразительны были появления о Кита и изменения ее блеска, однако наблюдали ее далеко не последовательно, и только с 1660 г. Гевелий, а за ним и французские астрономы принялись следить за нею с большим рвением. Гевелий назвал ее чудесной (Mira). Буйо (Bouillaud) заметил, что изменения ее блеска совершаются довольно правильно и что требуется приблизительно 11 месяцев на то, чтобы от наибольшего блеска, пройдя через минимум, когда звезда невидима невооруженным

глазом, она достигла снова наибольшего блеска. В то же время Буйо и Як. Кассини заметили, что период ее появления непостоянен, и что в максимуме звезда не всегда достигает одного и того же блеска: иногда второй, иногда же третьей и четвертой или только пятой величины. Не было и мысли о том, чтобы неустанно следить за изменением ее блеска и чтобы узнать ход этого изменения: никому это и в голову не приходило. Даже открытие двух новых звезд, непрерывно изменяющих свой блеск и названных «переменными», —  $\chi$  Лебедя — Готфридом Кирхом (1688) и 30 Гидры — Маральди (1704) — не увеличило рвения к наблюдению и изучению явлений изменения блеска переменных звезд. Точно так же мало обращено было внимания на замечания Монтарни и Маральди, указавших на любопытные изменения блеска Алголя ( $\beta$  Персея).

В конце восемнадцатого столетия интерес к переменным звездам несколько повысился. Два английских астронома, Дж. Гудрике и Эд. Пигот, обратили особое на них внимание: они не только старательно наблюдали известные в то время переменные звезды, но и определили периодичность Альголя, открыли несколько новых звезд, переменность которых была доказана ими несомненным образом, именно:  $\eta$  Орла,  $\beta$  Лиры,  $\delta$  Цефея и др. К этим наблюдателям присоединились В. Гершель, открывший переменность  $\alpha$  Геркулеса, и Кох из Данцига, открывший переменность R Льва. Впоследствии Гардинг, Воде, Ольберс и в особенности Вурм занимались наблюдениями над переменными звездами.

После этих исследователей неба в течение некоторого времени интерес к переменным звездам упал; он снова возрождается в начале прошлого столетия, когда Вестфаль (1817) принимается за наблюдения за всеми известными в его время переменными звездами и за определение их периодичности, но его наблюдения не отличаются тщательностью, и вследствие этого результаты не обладают большою точностью. Дж. Гершель, этот великий исследователь северного и южного неба, наблюдал переменные звезды с большим старанием и точностью. Он открыл переменность  $\alpha$  Кассиопеи и  $\alpha$  Ориона и наблюдал любопытные изменения блеска  $\eta$  Киля Корабля в южном полушарии. Несколько любителей астрономии в Англии последовали его примеру, а в сороковых годах прошлого столетия Хейс и в особенности Аргеландер стали ревностно наблюдать и изучать переменные звезды. Продолжительность наблюдений Аргеландера и рвение, с которым он наблюдал переменные звезды, выше всех описаний: подобного примера не было в истории астрономии. Он предложил особый способ наблюдения, весьма простой и в то же время достаточно точный, благодаря которому произведено множество наблюдений над переменными звездами.

В последнее время к изучению переменных и новых звезд применили спектральный анализ. По смещению спектральных

линий переменных звезд доказано, что в ряде случаев они представляют не одинокие светила, а системы двух, а может быть и большего числа звезд. В каждой такой системе звезды находятся так близко одна от другой, а системы так далеко от нас, что в самые могущественные телескопы они кажутся нам одинокими светилами. Присутствие же нескольких светил узнается по их взаимодействию в изменении движения и блеска.

Такие звезды называются затменными переменными, так как причина изменения их блеска заключается в периодически повторяющихся затмениях одной звезды другою. Ясно, что не каждая тесная двойная звезда может представлять случаи затмения. Если одна звезда проходит не в точности между нами и другой звездой, а или несколько «выше» или несколько «ниже», то затмения не будет. Звезда будет известна нам как спектрально-двойная звезда, по исследованиям смещений спектральных линий, но к затменным звездам ее причислить не придется. Таким образом, мы приходим к выводу, что затменные двойные звезды — это только частный случай спектрально-двойных звезд, т. е. тесных двойных систем, в которых плоскость орбиты, примерно, совпадает с лучом зрения наблюдателя. В зависимости от того, насколько близко это совпадение, а также в зависимости от относительных размеров обеих звезд, затмение может быть полным, частным или кольцеобразным. Классический пример затмения двойной звезды с частным затмением представляет собою Альголь или ( $\beta$  Персея, о которой уже шла речь выше (см. созвездие Персея).

Тогда как у одних звезд переменность блеска вызвана чисто оптической причиной — затмениями, у ряда других звезд переменность блеска вызывается другими, гораздо более сложными причинами. Вообще говоря, эти причины лежат в самой звезде и заключаются в попеременных сжатиях и расширениях самой звезды, сопровождающихся изменениями в температуре. Звезда при этом как бы пульсирует, вследствие чего сама теория таких звезд, впервые выдвинутая Шапли и развитая Эддингтоном, получила название пульсационной теории. К числу переменных, принадлежащих к таким термическим переменным, причина переменности которых заключается в колебаниях температуры, относятся так называемые цефеиды, названные так по имени представителя этих звезд  $\delta$  Цефея, и, вероятно, ряд других типов переменных звезд. По всей вероятности все переменные звезды можно отнести только к одной из перечисленных больших групп — или к затменным переменным, или к термическим.

## **2. ПРАВИЛА НАБЛЮДЕНИИ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД**

Помимо различных важных наблюдений, которые способствуют более близкому уяснению природы переменных звезд и которые заключаются в сложных спектроскопических или иных

исследованиях, весьма важная роль принадлежит и простым: наблюдениям над блеском переменных звезд. Не для всех переменных звезд точно известны периоды изменений блеска и те пределы, в которых происходят эти изменения. У некоторых звезд обнаружены медленные изменения периодов, более точные сведения о которых могут быть получены только в результате дальнейших наблюдений. Для других звезд необходимо установить, постоянен ли их период и не меняется ли он также со временем. Наконец, для ряда звезд, не имеющих строго определенных периодов — так называемых полуправильных или неправильных переменных звезд — необходимы тщательные и систематические наблюдения, которые помогут обнаружить те или иные закономерности в изменениях их блеска.

Для более ярких звезд все это можно сделать, имея простой театральный или призматический бинокль. Способ Аргеландера может многое дать в этом отношении. Мы изложим его подробнее.

Способ Аргеландера заключается в следующем: при определении относительной яркости двух звезд *a* и *b*, бинокль наводится сначала на одну звезду, например на *a*, и последняя рассматривается некоторое время; затем, не раздражая глаза никакими посторонними впечатлениями, наблюдатель рассматривает другую звезду *b*; после того наблюдатель снова рассматривает первую звезду; наблюдения повторяются до тех пор, пока не выявится разница или равенство световых впечатлений, получаемых от обеих звезд. Едва заметную для глаза световую разницу между блесками двух звезд Аргеландер назвал *степенью*. Как ни неопределенным и неточным кажется с первого взгляда подобное определение *степени*, однако опыт показал, что почти у всех наблюдателей величины *степени* одна и та же, — колебания ее заключаются в довольно тесных пределах, — и что она приблизительно равна  $\frac{1}{3}$  звездной величины у начинающих наблюдателей и 0,1 звездной величины у наблюдателей, уже имеющих некоторый опыт. Этот опыт обычно приобретает достаточно скоро.

Порядок производства наблюдений излагается в следующих правилах.

#### ПРАВИЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД ПО СПОСОБУ АРГЕЛАНДЕРА

1. Наблюдения производятся в безоблачную ночь и при прозрачном небе.
2. Вблизи наблюдаемой переменной выбирают несколько звезд сравнения так, чтобы одни были ярче переменной, а другие — слабее. Положение избранных звезд определяется по звездному атласу или звездному каталогу. Звезды сравнения ни в каком случае не должны отличаться одна от другой более

чем на одну звездную величину. При практическом ознакомлении с звездными величинами и при выборе звезд весьма полезно помнить яркость следующих звезд Большой и Малой Медведицы, видимых во всем северном полушарии, а именно:

$\alpha$	Б. Медведицы .	2.0	$\alpha$	М. Медведицы .	2.1
$\beta$	"	2.4	$\delta$	"	4.4
$\gamma$	"	2.5	$\eta$	"	5.0
$\delta$	"	3.4	$\gamma$	"	6.6
$\zeta$	"	1.7			
$\eta$	"	1.9			

Переменные звезды для сравнения не должны выбираться, красных звезд также следует по возможности избегать.

3. Из числа избранных звезд для сравнения берутся две ближайшие по блеску к переменной звезде: из них одна ярче, а другая послабее; если же яркость одной из них как раз равна яркости переменной звезды, то выбирается третья—так, чтобы она была слабее переменной, если первая звезда сравнения ярче, и наоборот. Если разница в блеске между звездами сравнения невелика, то надо выбрать их несколько.

4. Перед наблюдением, по крайней мере минут за пять, удаляют посторонний свет, и глазам дают отдых.

5. Наблюдатель всматривается в переменную звезду в течение нескольких секунд, затем всматривается в избранную звезду сравнения; после этого снова наводит глаз на переменную звезду и повторяет наблюдения несколько раз подряд. Смотреть на звезду следует прямо, а не сбоку, и не следует наблюдать двух звезд сразу: изображения на боковых частях сетчатой оболочки глаза дают неверные результаты.

6. Вследствие волнений в воздухе и вследствие мерцания звезды постоянно меняют блеск. Если кажется, что блеск двух звезд совершенно одинаков, или кажется при сравнении блеска двух звезд, что одна из них то ярче, то слабее другой и притом столько же раз ярче, сколько слабее, то блеск их принимается одинаковым. Для краткости записей звезды обозначаются отдельными буквами, например переменная буквою  $\beta$ , а звезда сравнения буквою  $\alpha$ . Произведенное наблюдение, определяющее равенство блеска звезд, записывается следующим образом:

$\beta\alpha$  или  $\alpha\beta$ .

Пр и м е ч а н и е . Это наблюдение равносильно равенству:

$$\beta = \alpha.$$

7. Если одна из звезд кажется ярче другой на едва заметную величину, или если при наблюдении замечается, что одна звезда кажется то ярче, то слабее другой, но притом чаще ярче, чем слабее, то разница в блеске обозначается единицею, называемою *с т е п е н ь ю*. Наблюдение записывается следующим образом:

1) если  $\beta$  ярче  $\alpha : \beta \ 1 \ \alpha$ ;

2) если  $\alpha$  ярче  $\beta : \alpha \ 1 \ \beta$ .

Более яркая звезда пишется слева, а менее яркая справа; между ними ставится единица, выражающая степень разности блеска наблюдаемых звезд.

**П р и м е ч а н и е .** Это наблюдение может быть переписано в виде равенства следующим образом:

в первом случае  $\beta = \alpha + 1$ ;

во втором случае  $\alpha = \beta + 1$  или  $\beta = \alpha - 1$ .

8. Если одна звезда несомненно ярче другой, но разница в блеске все-таки мала, так что по временам вследствие мерцания блеск их кажется одинаковым, то принимается, что блеск их отличается на две степени. Наблюдение записывается следующим образом:

1) если  $\beta$  ярче  $\dots \beta 2 \alpha$ ;

2) если  $\alpha$  ярче  $\dots \alpha 2 \beta$ .

Порядок записи тот же самый, что и в предыдущем случае.

**П р и м е ч а н и е .** Произведенное наблюдение может быть переписано в виде следующего равенства:

в первом случае  $\beta = \alpha + 2$ ;

во втором случае  $\alpha = \beta + 2$  или  $\beta = \alpha - 2$ .

9. Большие разницы могут быть оценены в 3 или 4 степени, но наблюдения при еще более значительной разности блеска имеют меньшее значение. Умение оценивать такие разности приобретает лишь опытом.

10. Одно наблюдение состоит из сравнения блеска переменной звезды с блеском двух или более звезд сравнения.

11. В конце каждого наблюдения записывается время по часам с точностью до минуты, т. е. часы и минуты. Глаз должен отдохнуть после каждой записи, если для отсчета показания часов пришлось пользоваться фонарем.

12. Для вывода результатов из наблюдений необходимо знать поправку часов; для этого необходимо определять ее по способу, изложенному в гл. XII или по радио.

13. В журнале наблюдений записывается год, месяц, число и день недели, когда производится наблюдение.

14. Для записей рекомендуется папка с прорезанными в ней отверстиями в виде строк, под которые подкладывается бумага.

15. Записывается также место, где производится наблюдение; если есть возможность, сообщается его географическая широта и долгота.

16. В журнале наблюдений ничего карандашом после окончания наблюдений не дописывается. Если является необходимость сделать какую-либо заметку, поправку или добавление, то следует писать чернилами; цифры никогда не следует переде-



ловать, а если необходимо исправить, то написанное зачеркивается, новое же пишется рядом или выше, но так, чтобы первоначальное число было хорошо видно. Если наблюдатель будет придерживаться этого правила, то он всегда будет в состоянии отличить прямые наблюдения от тех добавлений, которые сделаны впоследствии.

17. Следует записать, чем произведены наблюдения: невооруженным ли глазом, через очки или в бинокль.

18. Сквозная папка употребляется следующим образом: в нее вкладывается несколько отдельных листиков белой бумаги, нарезанных в восьмую долю листа и пронумерованных. Наблюдения записываются в сквозные строки папки, а чтобы не сбиться в строках, они придерживаются по очереди большим пальцем левой руки. Когда будут исписаны все строки, лист вынимается и кладется вниз под пачку приготовленных листов; тогда наверху окажется второй лист, и т. д.

#### ПРАВИЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД, ПО СПОСОБАМ ПИКЕРИНГА И НЭЙЛАНДА

1. Выбрав две звезды сравнения, одну (а) ярче, чем переменная (v), другую слабее (b), мысленно делят интервал в блеске между а и b на 10 частей. Затем определяют, насколько таких десятых частей интервала между а и b переменная v слабее а или ярче b.

2. Записываются наблюдения так. Если, например, v на  $\frac{2}{10}$  светового различия между а и b слабее, чем а (и, значит, на  $\frac{8}{10}$  того же интервала ярче b), то такое наблюдение записывается  $a2v8b$ . Если блеск переменной кажется средним между блеском обеих звезд сравнения, то пишут  $a5v5b$  и т. д.

3. Такие наблюдения называются наблюдениями, произведенными по способу Пикеринга (Pickering, 1882). Если же интервал в блеске между а и b делится не на 10 частей, а на столько частей, сколько между а и b степеней, то тогда мы приходим к способу Нэйланда (Nijland, 1901). Очевидно, что последний является комбинацией способов Аргеландера и Пикеринга. Так, если различие между а и b наблюдатель оценил в 4 степени, а блеск переменной втрое ближе к а, чем к b, то такое наблюдение записывается так:  $a1v3b$  очевидно, что это обозначает, что между а и v одна степень, а между v и b их три.

4. Как будет ясно из дальнейшего изложения, способ Нэйланда теоретически и практически стоит выше двух других способов, так как он соединяет в себе возможность способа Аргеландера вывести шкалу звезд сравнения и удобство способа Пикеринга при обработке наблюдений. В настоящее время большинство наблюдателей переменных звезд пользуется способом Нэйланда. На больших обсерваториях изменения яркости перемен-

ных звезд измеряются при помощи приборов-фотометров, из которых наиболее точным является так называемый фото-электрический фотометр.

Для ближайшего изучения переменных звезд могут служить следующие источники:

1. К у к а р к и н и П а р е н а г о . Переменные звезды и их наблюдения, (печатаются).

2. К у к а р к и н, М а р т ы н о в , П а р е н а г о , Ц е с е - в и ч. Переменные звезды. 2 тома (печатаются).

3. Журнал «Мироведение» за 1932 г. № 4, специально посвященный переменным звездам.

4. Звездные Атласы Мессера и Михайлова.

5. Статья П. П. Паренаго в журн. „Мироведенье“ 1936 г № 4.

### **3. НЕКОТОРЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ И ИХ ЗВЕЗДЫ СРАВНЕНИЯ**

Хотя определение времени наибольшей и наименьшей яркости переменных звезд (эпох максимумов и минимумов) не зависит от избранных звезд сравнения, а потому выбор их может быть предоставлен усмотрению наблюдателя, но для единообразия всех наблюдений желательно, чтобы наблюдатели пользовались одними и теми же звездами сравнения. С этой целью ниже приводятся звезды сравнения для главнейших переменных, видимых невооруженным глазом; для каждой звезды сравнения дается блеск в степенях и в звездных величинах, взятых из Гарвардских фотометрических каталогов; положения звезд относятся к 1940 г

#### **А. ЗАТМЕННЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ**

Звезды типа Альголя сохраняют большую часть времени свой блеск без изменения; по временам блекнут и по достижении наименьшего блеска (минимум) возвращаются к первоначальному состоянию. К этому типу принадлежат яркие звезды: Альголь,  $\lambda$  Тельца и  $\delta$  Весов. Звезды типа  $\beta$  Лиры изменяют свой блеск все время, хотя наиболее сильные изменения происходят в минимуме.

#### **(АЛЬГОЛЬ $\beta$ ПЕРСЕЯ)**

Переменность блеска Альголя открыта Монтанари в 1669 г. Альголь — это арабское название звезды  $\beta$  Персея. Эль-Гуль, в измененной форме Альголь, означает демон; демон же, по мнению арабов, является существом двуличным; это дало основание некоторым астрономам предполагать, что арабы знали об изменении блеска Альголя; до нас, однако, не дошли их наблюдения над Альголем, а потому высказанное мнение является простым

предположением. Альголь лежит в голове Медузы, которую держит левой рукой Персей в созвездии того же имени.

В течение двух дней и одиннадцати часов Альголь сохраняет свой блеск без всякого изменения; затем блеск уменьшается в продолжение  $4\frac{1}{2}$  часов, после чего снова увеличивается, и через  $4\frac{1}{2}$  часа достигает первоначального своего блеска. Изменение блеска Альголя изображено на рис. 59. Период, или промежуток времени между двумя последовательными временами наименьшей яркости равен 2 дням 20 ч. 48 м. 53 с. Наблюдения должны

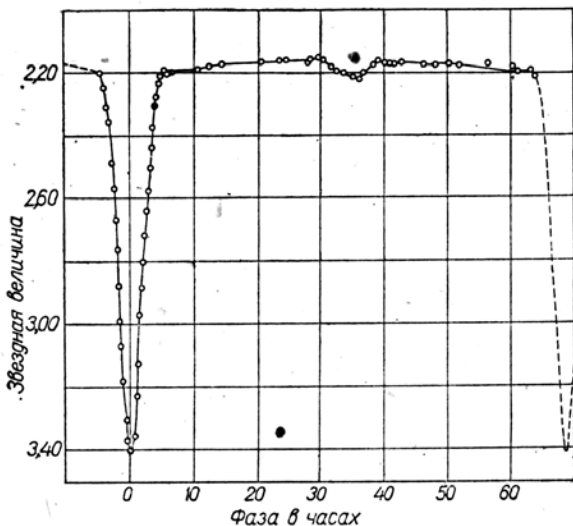


Рис. 59. Кривая изменения блеска Альголя, составленная по наблюдениям, произведенным при помощи самого точного прибора — фотоэлектрического фотометра.

быть начаты до эпохи минимума по крайней мере за  $1\frac{1}{2}$  часа, а лучше, если за 2 часа. Эпохи минимума Альголя печатаются в «Астрономическом календаре», издаваемом ежегодно Горьковским отделением астрономо-геодезического общества (г. Горький 5, Почтовый ящик № 24).

Наибольший и наименьший блеск Алголя определяется в 2,2: и 3,4 звездной величины.

Аргеландером и другими наблюдателями избраны следующие звезды сравнения, обозначенные для краткости просто буквами:

$\nu=\nu$	Персея	$\gamma=\gamma$	Персея
$\varrho=\varrho$	"	$\varepsilon=\varepsilon$	"
$\alpha=\alpha$	Треугольника	$h=\beta$	Овна
$\delta=\delta$	Персея	$i=i$	Возничего
$b=\beta$	Треугольника	$c=\gamma$	Андромеды
		$\alpha=\alpha$	Персея

Блеск звезд сравнения мы приводим в степенях по наблюдениям Аргеландера, Шенфельда, Шейнера, нашим и в звездных величинах по "Гарвардскому каталогу", а именно:

Шкала блеска	
в степенях	в звездных величинах
$v = 1,0$	3,93
$\rho$ = перемен.	
$a = 3,8$	3,68
$\delta = 8,0$	3,10
$b = 9,1$	3,08
$\gamma = 11,4$	3,08
$\varepsilon = 12,4$	2,96
$h = 16,4$	2,72
$i = 17,1$	2,90
$c = 22,4$	2,20
$a = -$	1,90

Альголь наблюдается главнейшим образом около эпох наименьшего блеска.

Звезда  $\rho$  Персея, как лежащая возле  $\beta$  Персея, весьма удобна для сравнения, но она обнаруживает переменность блеска, между 3,3 и 4,1 звездной величины, и потому следует для каждого вечера, когда производятся наблюдения, определить независима блеск  $\rho$  Персея. Кроме перечисленных звезд сравнения для  $\rho$  Персея служат еще две следующие:  $\pi$  Персея (4,62) и 16 Персея (4,27). Последняя звезда расположена направо от переменной и образует с нею и с  $\pi$  Персея треугольник.

### А ТЕЛЬЦА

Переменность блеска этой звезды открыта Ваксенделем в 1848 году; он же убедился, что Я Тельца принадлежит к переменным типа Альголя. Через каждые 3,95 дня ее блеск уменьшается от 3,8 до 4,2 величины, т. е. почти на половину звездной величины. Положение звезды легко найти по звездной карте.

Для наблюдения изменений блеска- весьма удобно пользоваться звездами сравнения:

		Блеск в звездных величинах
$d$ Тельца	...	4,38
$f$ "	...	4,28
$v$ "	...	3,94
$\gamma$ "	...	3,86
$\varepsilon$ "	...	3,63

### δ ВЕСОВ

Переменная звезда  $\delta$  Весов принадлежит к типу Альголя; через каждые 2,32 дня она блекнет, уменьшаясь от 4,8 до 5,9 величины.

Лучшее время для ее наблюдения — с апреля до июня. Так как в это время на севере бывают белые ночи, то наблюдать там  $\delta$  Весов неудобно; жители же областей, лежащих к югу от Москвы, а в особенности Кавказа, Закавказья и Ср. Азии, могут легко наблюдать ее.

Звездами сравнения для  $\delta$  Весов могут служить близлежащие звезды пятой и шестой величин; наиболее удобными являются «следующие звезды:

$\gamma$ Весов	4,02	$\xi^1$	5,84
$\varepsilon$ „	5,08	17	6,42
$\mu$ „	5,38	18	6,02
$\xi^2$ „	5,63		

Звезды 17 и 18 Весов имеют следующие координаты для 1940 г.

17:14:55 <sup>m</sup> .0 — 10°55'
18:14 55,7 — 10°54.

### **$\beta$ ЛИРЫ**

Переменность блеска открыта Гудрике в 1784 г. В наибольшем блеске переменная достигает 3,4 звездной величины, а в наименьшем 4,4.

Изменение блеска представляет два почти равных по величине максимума и два минимума, из которых один наименьший. Порядок изменения блеска может быть описан следующим образом: начиная от минимума, блеск звезды быстро увеличивается и достигает первого максимума, затем уменьшается и достигает второго минимума, причем ее блеск больше блеска в первый или главный минимум; после второго минимума яркость быстро увеличивается, достигает наибольшего своего значения и возвращается к первоначальному блеску  $\frac{1}{30}$  время первого или главного минимума. Все изменение блеска совершается с большою правильностью в течение 12,9 дней. Рис. 35 прекрасно изображает порядок изменения блеска  $\beta$  Лиры. Рисунок этот составлен по моим наблюдениям астрономом С. И. Белявским. Наблюдатели пользуются следующими звездами сравнения, лежащими в созвездиях Лиры и Геркулеса; они приведены ниже и имеют следующие яркости, выраженные в звездных величинах:

Блеск в звездных  
величинах.

$\delta$ Лиры	4,52
$\eta$ „	4,46
$\kappa$ „	4,34
$\mu$ „	4,06
$\theta$ Геркулеса	3,99
$\sigma$ „	3,83
$\zeta$ „	3,82
$\mu$ „	3,48
$\gamma$ Лиры	3,30

Звезды  $\alpha$  и  $\xi$  Геркулеса считаются некоторыми наблюдателями переменными. Сравнительно недалеко от  $\beta$  Лиры лежит другая переменная —  $R$  Лиры. Можно производить ее наблюдения попутно с наблюдениями  $\beta$  Лиры.

#### **$\alpha$ ГЕРКУЛЕСА**

Переменность ее была обнаружена Шмидтом в Афинах в 1869 г., причем звезду сперва считали переменной с периодом около 40 дней и с рядом неправильностей. Лишь в начале нашего столетия, когда звезда была исследована спектроскопически и когда обнаружилось, что ее период равен всего 2,05 дня, выяснилось, что это и является действительным периодом звезды. Так как наступление, например, минимумов через каждые два дня происходят позже на 0,05 дня, то поэтому лишь по истечении 41 дня все возвращается к исходному положению. Так как наблюдения в большинстве случаев в течение нескольких месяцев обычно производятся примерно в одно и то же время суток, то поэтому понятно, что сперва и считалось, что период и Геркулеса близок к 40 дням. Этот пример показывает, насколько осторожным нужно быть при установлении периодов переменных звезд.

Переменная  $\alpha$  Геркулеса оказалось принадлежащей к звездам типа  $\beta$  Лиры с изменениями блеска от 4,7 до 5,3 звездной величины. Посередине между главными минимумами происходит вторичный минимум, во время которого блеск звезды падает до 5,0 звездной величины.

При наблюдениях удобно пользоваться следующими звездами сравнения (см. карту окрестностей переменной на рис. 60)

Блеск в звездных  
величинах.

$\lambda = \lambda$ Геркулеса . . . .	4,48
$e = e$ Геркулеса . . . .	4,80
$d = d$ Геркулеса . . . .	5,27
$w = w$ Геркулеса . . . .	5,36

#### **RZ КАССИОПЕИ**

В 1906 г. Мюллер в Потсдаме обнаружил переменность звезды 6,5 величины в созвездии Кассиопеи, координаты которой

$$(\alpha = 2^{\text{ч}} 43^{\text{м}} 5^{\text{с}} ; \delta = + 69^{\circ} 23' (1940).$$

Эта звезда обычно казалась неизменной, но иногда ненадолго блеск ее падал до 7,5 величины и даже слабее. Как оказалось звезда принадлежит к типу Альголя с периодом 1,195254. Так как упятеренный период звезды равняется 5,97627 или 6 суткам без 34 минут, то поэтому каждый минимум повторяется через каждые 6 суток, причем он наступает на 34 минуты раньше. Остальные минимумы приходятся или на позднюю ночь, или

на дневное время суток и для наблюдений в большинстве случаев неудобны. Когда ряд минимумов, отделенных шестиднев-

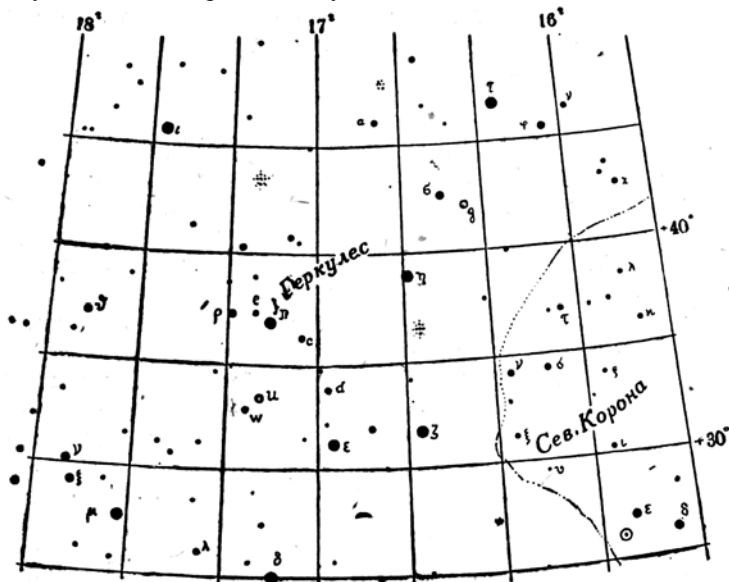


Рис. 60. Карта созвездия Геркулеса.

ным промежутком, постепенно начинает приходиться на слишком ранние часы в начале вечера, то на смену ему идет следующий

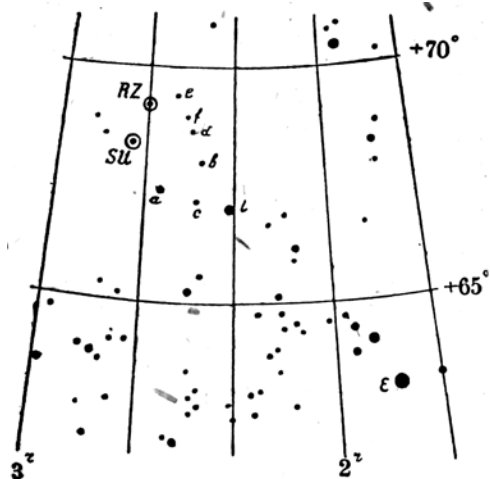


Рис. 61. Карта окрестностей SU и RZ Кассиопеи.

ряд минимумов на следующие сутки, отделенный от минимумов первой серии длиной периода т. е.  $1^{\text{д}}4^{\text{ч}}41^{\text{м}}$ .

За изменениями блеска RZ Кассиопеи удобно следить в призматический бинокль, выбирая для наблюдений ясные, безлунные ночи. По продолжительности изменений блеска, т. е. затмений, переменная RZ Кассиопеи является, особенно интересным для наблюдений, объектом, так как эта продолжительность очень мала. А именно звезда сохраняет свой нормальный блеск

(6,4) в течение суток, а за 5 часов блеск ее успевает упасть до минимума (7,8) и снова возрасти до нормального блеска.

Звезда сравнения, отмеченные на приведенной карте окрестностей RZ Кассиопеи (рис. 61), имеют следующий блеск, выраженный в звездных величинах.

$a$ 6,05	$d$ 7,42
$b$ 6,76	$e$ 7,74
$c$ 7,28	$f$ 8,04

Следить за минимумами RZ Кассиопеи, тщательно наблюдая в это время через каждые 5—10 минут очень важно, так как недавно (1933 г.) А. де-Ситтер обнаружил, что период звезды не остается постоянным, а слегка меняется.

Рядом с RZ находится другая переменная — SU Кассиопеи. Последняя принадлежит к так наз. цефеидам с периодом в 1,95 дня и с очень маленькой амплитудой, всего от 6,1 до 6,4 зв. величины. Наблюдения ее поэтому очень трудны и за них стоит браться лишь при достаточном опыте.

## Б. ЦЕФЕИДЫ

### $\eta$ ОРЛА

Переменность блеска звезды открыта Пиготом в 1784 г. В наибольшей яркости она достигает 3,6 величины, а в наименьшей — 4,4. Период изменения блеска равен 7,18 дней и отличается правильностью. Для наблюдений пользуются четырьмя звездами в созвездии Орла, именно:  $\mu$ ,  $i$ ,  $\beta$  и  $\delta$ . Блеск их, выраженный в звездных величинах, имеет следующие значения:

#### Блеск в звездных величинах

$\mu = \mu$	$\text{Орла} = 4,65$
$i = i$	$\text{»} = 4,28$
$\beta = \beta$	$\text{»} = 3,90$
$\delta = \delta$	$\text{»} = 3,44$

Блеск переменной быстро увеличивается и медленно уменьшается; при уменьшении замечается как бы задержка в падении блеска (рис. 62).

### $\delta$ ЦЕФЕЯ

Переменность блеска этой звезды открыта Гудрике в 1784 г. В наибольшем блеске звезда достигает 3,6 величины, а в наименьшем 4,3. По порядку изменения блеска эта переменная весьма сходна с предыдущей звездой  $\eta$  Орла. Период изменения блеска равен 5,366 дней, или  $5^{\text{д}}8^{\text{ч}}48^{\text{м}}$ . Он медленно уменьшается на 9,5 секунд в столетие. Кривая изменения блеска видна на рис. 63.

Наблюдатели пользовались следующими пятью звездами сравнения:  $v$ ,  $\epsilon$ ,  $i$ ,  $u$   $\zeta$  Цефея и 7 Ящерицы ( $\alpha$ ); их блеск, выраженный в звездных величинах, имеет следующие значения:



	Блеск в звезд- ных величинах.
$v = v$ Цефея .....	4,46
$\varepsilon = \varepsilon$ " .....	4,23
$\alpha = 7$ Ящерицы .....	3,85
$i = i$ Цефея .....	3,68
$\zeta = \zeta$ „ .....	3,62

Вблизи  $\delta$  Цефея лежит другая переменная —  $\mu$  Цефея, принадлежащая к так называемым полуправильным переменным. Весьма удобно наблюдать одновременно обе звезды.

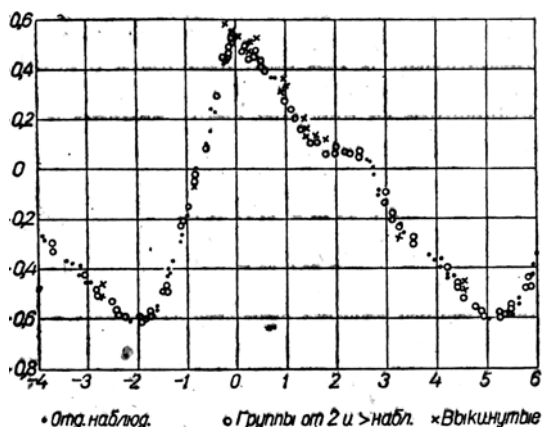


Рис. 62. Кривая изменения блеска  $\eta$  Орла.

Изменение яркости  $\delta$  Цефея происходит очень отчетливо: яркость быстро увеличивается и затем, достигнув наибольшего

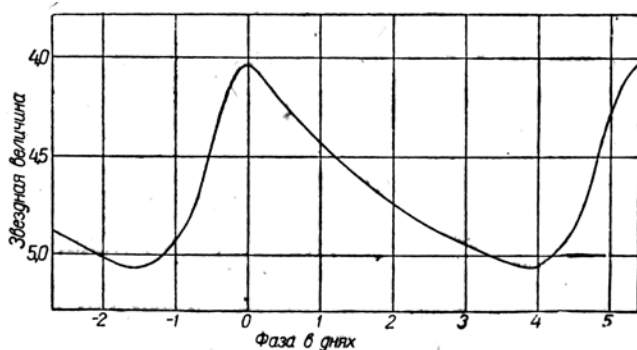


Рис 63. Кривая блеска  $\delta$  Цефея по наблюдениям с фотоэлектрическим фотометром.

блеска, медленно падает. Переменных звезд с подобным, резко выраженным, изменением яркости особенно много среди слабых

телескопических звезд, которые можно наблюдать только в большие телескопы; все подобные звезды принято называть *цефеидами*. Исследуя звездные группы, находящиеся так далеко от нас, что даже в сильные телескопы изображения отдельных звезд сливаются, и группа кажется нам туманным пятном, Ливит в обсерватории Гарвардского университета (американский Кембридж) открыла в группе Малого Магелланова Облака много цефеид различной яркости. Наблюдая их, она заметила, что период изменения их яркости был различный, причем у более ярких звезд период был больше, чем у более слабых. Допуская, что все цефеиды одной и той же звездной группы находятся на одном и том же расстоянии от нас, что весьма близко к истине, так как различие в расстоянии между ними весьма ничтожно сравнительно с громадным расстоянием, отделяющим нас от них, можно предположить, что истинные их яркости пропорциональны видимым, и можно было установить, что больший период изменения яркости соответствует большей истинной яркости цефеиды, и наоборот, цефеида с большей истинной яркостью имеет и больший период. При дальнейшем исследовании вопроса астроному Шапли удалось подтвердить это явление и для цефеид, находящихся в других группах и туманных пятнах, и таким образом явление, открытое Ливит для цефеид Малого Магелланова Облака, оказалось справедливым для цефеид всего неба. Последствия этого открытия весьма замечательные. Они доставили науке возможность определять расстояния до звездных систем, как бы отдалены они от нас ни были, лишь бы принадлежащая им цефеида была видна и был определен ее период: для этого необходимо знать для одной основной цефеиды: 1) расстояние от нас, выраженное в абсолютной мере, например в километрах или в световых годах; 2) ее истинную яркость, и 3) ее период. Если затем в данной туманности или звездной группе находится цефеида, период которой удалось определить, то тем самым станет известным ее абсолютная или истинная яркость; видимая же яркость, определенная прямым наблюдением, зависит исключительно от расстояния до нас, которое и может быть вычислено простым арифметическим расчетом, пользуясь основным законом оптики, а именно, что видимая яркость источника уменьшается пропорционально увеличению квадрата расстояния. Назовем видимую яркость цефеиды буквою  $h$ , а яркость основной цефеиды буквою  $H$ , искомое расстояние цефеиды от нас — буквою  $d$  и расстояние основной цефеиды буквою  $D$ ; в таком случае между этими величинами существует следующая зависимость (если периоды обеих цефеид считать одинаковыми):

$$H : h = d^2 : D^2$$

откуда

$$d = D \sqrt{\frac{H}{h}}.$$

Например, если оказалось, что  $\frac{H}{h} = 3600$ , а  $D = 500$  световых лет, то  $d = 500 \sqrt{3600} = 500 \times 60 = 30\,000$  световых лет.

Такое расстояние нельзя определить непосредственно, обычным способом, так что открытие Ливит, обобщенное Шапли, дает возможность определять расстояния до отдаленнейших объектов, если только в них найдены цефеиды.

### Т ЛИСИЧКИ

Переменность ее была открыта Сойером в 1885 г. В максимальном блеске она видна невооруженному глазу, так как достигает тогда 5,4 зв. величины. В минимуме же она падает до 6,3 величины, вследствие чего наблюдения ее необходимо производить в бинокль, лучше всего в призматический. Период изменений блеска равняется 4,44 дня, причем звезда в течение 1,3 дня увеличивает свой блеск от минимума до максимума, тогда как ослабление блеска совершается в два с лишним раза медленнее — в 3,1 дня.

При наблюдениях удобно пользоваться следующими звездами сравнения (см. карту окрестностей на рис. 64).

<i>a</i> 4,76	<i>d</i> 5,86
<i>b</i> 5,24	<i>e</i> 6,09
<i>c</i> 5,57	<i>f</i> 6,40
	<i>g</i> 6,44

### Х ЛЕБЕДЯ

Переменность этой цефеиды была открыта в 1886 г. Чендлером.

При наблюдениях этой звезды лучше всего пользоваться призматическим биноклем, так как пределы изменений блеска составляют от 6,1 до 6,9 звездной величины, и так как Х Лебедя расположена в сравнительно тесной группе звезд.

Период изменения блеска составляет 16,38 дня, причем возрастание блеска происходит в 5,7 дня, а убывание — в 10,7 дня, т. е. вдвое медленнее. Звездами сравнения служат звезды, обозначенные на приводимой карте окрестностей буквами *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*. Их блеск в звездных величинах следующий:

<i>a</i> 5,94	<i>c</i> 6,50	<i>e</i> 7,17
<i>b</i> 6,30	<i>d</i> 6,88	<i>f</i> 7,41

Звезда сравнения с некоторыми наблюдателями считается переменной (ее предварительное обозначение—1,1914 Лебедя), поэтому небезинтересно каждый вечер определять ее блеск особо.

### RR ЛИРЫ

Положение этой звезды следующее:

$$\alpha = 19^{\text{h}}23^{\text{m}}.6; \delta = +42^{\circ}40'$$

Переменность ее открыла в 1892 г. Ф. лемминг, сравнивая между собою фотографии Гарвардской обсерватории. Переменная принадлежит к особой группе цефеид, имеющих короткие периоды изменения блеска — меньше суток. На северном полушарии неба RRE Лиры является наиболее яркой звездой этого типа, но все же наблюдения этой звезды должны производиться в призматический бинокль в ясные, безлунные ночи, так как пре-

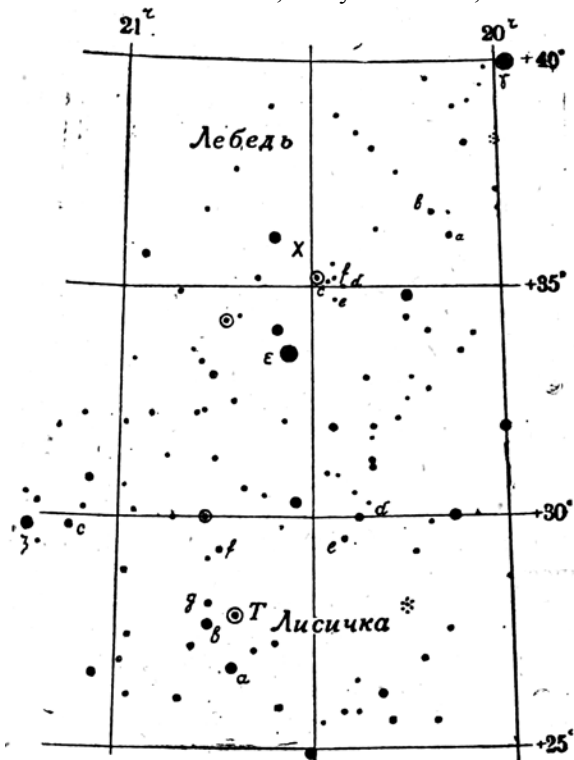


Рис. 64. Карта окрестностей Т Лисички и  
Х Лебеда.

делы изменения ее блеска составляют от 7,2 до 7,8 звездной величины.

Блеск RR Лиры меняется с периодом 0,56685 дня или  $13^h 36^m 16^s$  следующим образом. От минимума он растет до максимума в течение 3 часов, затем в течение 5—6 часов падает и минимум продолжается около 5 часов. Таким образом, звезда значительную часть времени пребывает в состоянии минимального блеска, представляя этим картину, обратную Альголю вследствие чего такие звезды иногда называются Антальголями, т.е. противоположными Альголю. Чаще всего, впрочем, такие звезды просто называются звездами типа RR Лиры.

При наблюдениях удобно пользоваться в качестве звезд сравнения следующими близлежащими звездами (см. карту окрестностей (рис. 65). Их блеск, выраженный в звездных величинах, имеет следующие значения:

$\alpha$ 6,92	$c$ 7,42	$e$ 7,83
$b$ 7,18	$d$ 7,80	$f$ 8,37

Производить наблюдения над RR Лиры нужно через каждые 10—15 минут, причем лучше произвести по 15—20 наблюдений в несколько ночей, чем наблюдать ее много ночей по 1—2 раза. Период RR Лиры медленно меняется, вследствие чего систематические наблюдения над этой переменной приобретают большую ценность.

## В. ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИЕ ПЕРЕМЕННЫЕ ТИПА о КИТА

Переменные звезды, отнесенные к этому классу, представляют изменения блеска в весьма широких пределах; так, например, о Кита — между третьей и девятой величинами;  $\chi$  Лебеда — между пятой и тринадцатой величинами и т. д. Мы приводим здесь только две звезды — о Кита и  $\chi$  Лебеда, как наиболее доступные наблюдениям простым глазом или в бинокль.

### о КИТА (МИРА)

Эта звезда (рис. 66), названная чудесною или удивительною (Mira) вследствие необыкновенных изменений блеска, была открыта Д. Фабрициусом из Эзенса в Фрисландии (Голландия) в 1596 г. В наибольшем блеске она достигает иногда звезд второй величины, иногда же всего только пятой; в наименьшем блеске она лежит за пределами видимости невооруженным глазом и доходит до девятой величины. Период изменения блеска равен 331 дню; при этом замечается, что величина периода подвержена некоторым периодическим изменениям.

Вследствие широких пределов изменения блеска переменной, приходится пользоваться многими звездами сравнения; мы выписываем их в следующей таблице:

	Блеск	в звездных		Блеск	в звездных
		величинах			величинах
$\kappa = 7.1$	Кита	6,30	$\xi'' = 73 \xi''$	Кита	4,34
$h = 6.3$	"	6,04	$\delta = \delta$	»	4,04
$d = 6.6$	"	5,72	$\alpha = \alpha$	Рыб	3,94
$c = 7.0$	"	5,62	$\gamma = \gamma$	Кита	3,58
$b = 7.5$	"	5,53	$\alpha = \alpha$	Кита	2,82
$v = v$	"	5,02	$f = \beta$	Овна	2,72
$\lambda = \lambda$	"	4,69	$e = \alpha$	Овна	2,23
$\mu = \mu$	"	4,36	$g = \alpha$	Тельца	1,06
$\xi' = 6.5 \xi'$	"	4,54			

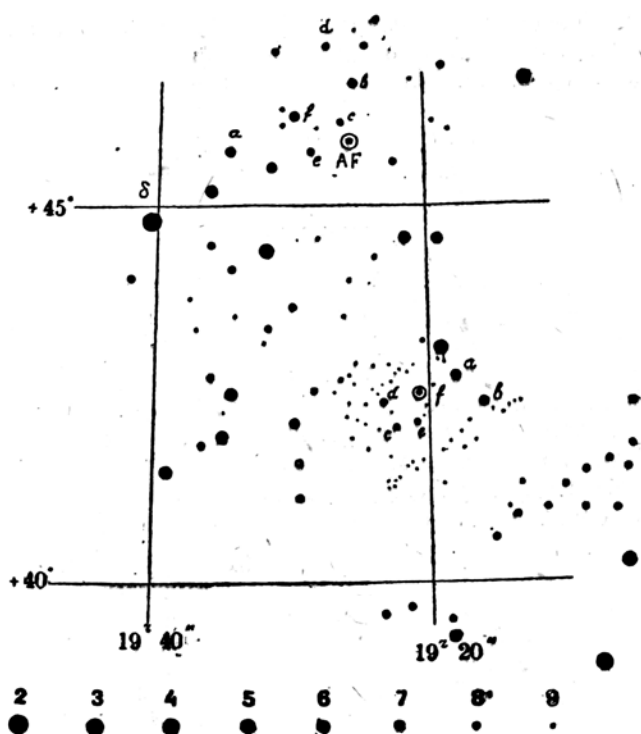


Рис. 65 Карта окрестностей RR Лиры и AF Лебедя

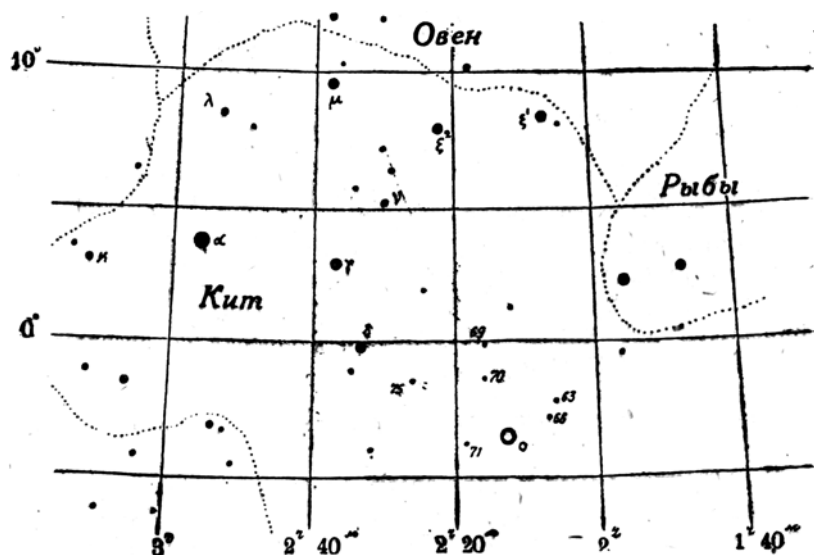


Рис. 66, Карта окрестностей О Кита для наблюдения в бинокль.

Лица, обладающие призматическим биноклем или небольшой трубой, могут следить за  $\alpha$  Кита и вблизи минимума по приводимой карте (рис. 67). Телескопические звезды сравнения следующие:

$l$ 6,55	$n$ 8,08	$g$ 8,84
$m$ 7,26	$p$ 8,62	$r$ 9,19

### $\chi$ ЛЕБЕДЯ

Переменность блеска  $\chi$  Лебеда была открыта Готфридом Кирхом в 1686 г. В наибольшем блеске она достигает 5,2 звездной величины и, следовательно, может быть наблюдаема в бинокль, а в наименьшем блеске — 13,5 величины; тогда она доступна наблюдениям только в самые сильные телескопы. В виду сходства характера изменения блеска  $\chi$  Лебеда с характером изменения Миры Кита, и этой звезде можно дать название «удивительной» — Мира Лебеда. Для  $\chi$  Лебеда можно пользоваться следующими звездами сравнения:

Блеск в звездных величинах		
$\beta = \beta$	Лебеда	3,09
$\eta = \eta$	"	4,03
$\phi = \phi$	"	4,79
$\alpha = 17$	"	5,03
$b = 9$	"	5,42
$c = —$	"	5,89
$d = —$	"	6,18
$e = —$	"	6,35
$f = —$	"	6,90
$g = —$	"	7,28
$h = —$	"	7,62
$k = —$	"	8,03
$l = —$	"	8,33
$m = —$	"	8,73
$n = —$	"	9,04

Как только  $\chi$  Лебеда при уменьшении своего блеска перестает быть видимою невооруженным глазом или в бинокль, за нею надо следить в телескоп, но эта задача выходит за пределы настоящей книги. Но примерно до восьмой величины блеск ее может быть прослежен в призматический бинокль. Для этой цели приводятся две карты окрестностей  $\chi$  Лебеда со звездами до девятой величины (рис. 68).

### Г. ПОЛУПРАВИЛЬНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

В последнее время у ряда звезд, считавшихся раньше неправильными, обнаружены вполне определенные закономерности в изменениях их блеска. Не то что эти звезды оказались строго-периодическими, но следы — и достаточно определенные следы—

известных правильностей у них все же обнаружены. Так например, у полуправильной звезды R Лиры средний период (т. е. промежуток времени между двумя, например, максимумами) равен 45 дням. Однако он иногда бывает равным и 30, и 50, и 60 дням. Но если мы возьмем, скажем, наблюдения с 1910 по 1920 г., то в среднем период будет равен именно 45 дням. То же будет, если рассмотреть периоды звезды в промежуток от 1920 до 1930 г. и т. д.

Таким образом, полуправильные звезды характеризуются достаточно определенным средним периодом. Характерной особенностью их бывает также то, что

в иные (обычно небольшие) промежутки времени изменения блеска уменьшаются, период пропадает вовсе, но вскоре полуправильная периодичность снова восстанавливается.

У некоторых полуправильных переменных, кроме периода в несколько десятков дней, бывает еще и более длинный период в одну-две тысячи дней, по истечении ко-

торых особенно глубокие минимумы и невысокие максимумы сменяются высокими максимумами и неглубокими минимумами и обратно.

Наблюдение полуправильных перемен-

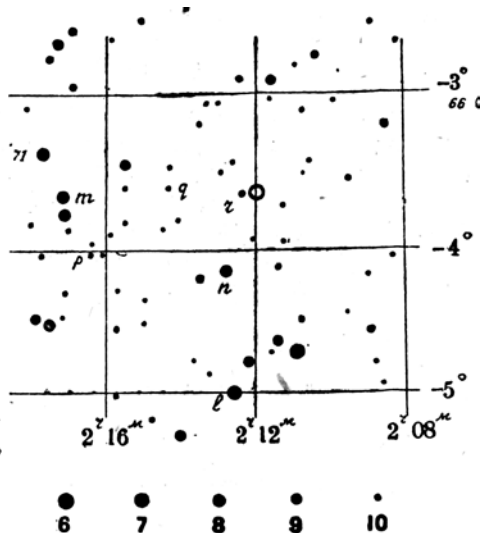


Рис. 67. Карта ближайших окрестностей

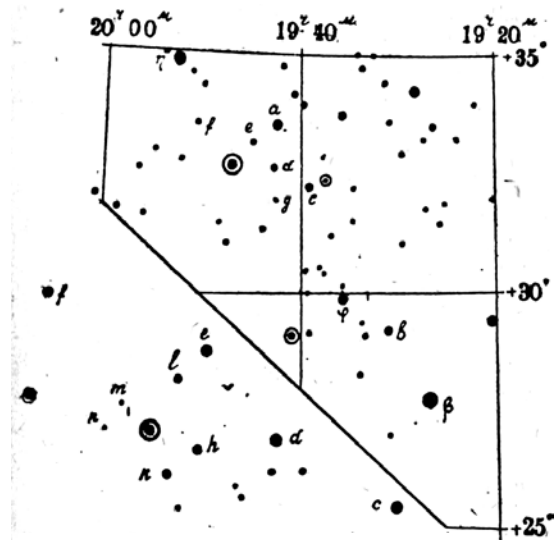


Рис. 68. Карта окрестностей  $\chi$  Лебедя. В нижнем левом углу дана карта самых ближайших окрестностей этой переменной.



ности, приобретают поэтому весьма большое значение. Каждый длинный тщательно проведенный ряд наблюдений является всегда ценным вкладом в науку.

### α ОРИОНА

Переменность блеска была впервые замечена Дж. Гершелем в 1836 г.; она происходит в довольно тесных пределах, а именно— между 0,5 и 1,1 звездной величины. Период изменений блеска α Ориона очень велик, он равен 2070 дней, т. е. составляет почти 6 лет. Кроме этого длинного периода, замечаются колебания с более коротким периодом — около 180 дней.

Наблюдатели пользуются следующими звездами сравнения:

Блеск в звездных  
величинах.

$e$ = Поллукс .....	1,21
$d$ = Альдебаран .....	1,06
$c$ = Процион .....	0,48
$\beta$ = Ригель .....	0,34
$\alpha$ = Капелла .....	0,21

### α ГЕРКУЛЕСА

Переменность блеска α Геркулеса открыта В. Гершелем в 1795 году, но лишь недавно удалось установить, что эта звезда является полуправильной переменной, очень напоминающей α Ориона. В самом деле, она имеет длинный период около 2270 дней и короткий, равный 190 дням. Звезда меняет свой блеск между величинами 3,2 и 3,8 и заслуживает внимания, так как исследовалась она очень мало.

Для наблюдений пользуются следующими звездами сравнения:

Блеск в звездных  
величинах

$\gamma$ = γ Геркулеса . . . .	3,79
$\delta$ = δ „ . . . .	3,16
$c$ = β Змееносца . . . .	2,94
$\beta$ = β Геркулеса . . . .	2,81

Звезда κ Змееносца, которую пользовались некоторые наблюдатели в качестве звезды сравнения, оказалась слабо переменной в пределах 3,2—3,6. Эта звезда почти не подвергалась систематическим исследованиям.

### μ ЦЕФЕЯ

Переменность блеска μ Цефея открыта Хайндом в 1848 г. Изменения блеска происходят между пределами 4,0 и 5,0 величины. Имеется длинный период в 750 дней и более короткий в 90 дней.

Переменная отличается необыкновенно красным цветом и вследствие этого весьма трудно оценивать ее блеск; она названа Гершелем «гранатовою звездою».

Для наблюдений служат те же звезды сравнения, что и для  $g$  Цефея, и еще две звезды. Одна из них  $g$  Цефея, Ее положение для 1940 г. составляет:

$$\alpha = 21^{\text{h}}36^{\text{m}},5$$

$$\delta = 62^{\circ} 1'$$

Звездная величина ее равна 4,87. Другая—  $\lambda$  Цефея имеет блеск, равный 5,19 звездной величины.

Удобно наблюдать  $\mu$  Цефея одновременно с  $\delta$  Цефея.

### $\beta$ ПЕГАСА

Переменность блеска открыта Шмидтом в 1847 году. Изменения блеска, по-видимому, неправильные и совершаются в пределах между звездными величинами 2,2 и 2,7. Они совершенно бесспорны, но так как звезду до настоящего времени почти никто не наблюдал, то поэтому она не встречается в некоторых каталогах переменных звезд. Звезда заслуживает большого внимания.

Наблюдатели пользуются следующими звездами сравнения:

Блеск в звездных величинах		
$\eta$	Пегаса	3,10
$\alpha$	„	2,57
$\epsilon$	„	2,54
$\alpha$	Андромеды	2,15

### Р ЛИРЫ

Р Лиры, обозначенная в каталоге Флемстида № 13, лежит к северу от  $\beta$  Лиры и может быть наблюдаема попутно с нею; я всегда наблюдаю их в одно и то же время; обыкновенно начинаю с  $\beta$  Лиры, а затем сейчас же оцениваю блеск Р Лиры.

Переменность блеска Р Лиры была открыта Баксенделем в 1856 году; звезда изменяет свой блеск между 4,0 и 4,7 величины; цвет ее — красноватый, что несколько затрудняет наблюдения.

При сравнении ее блеска с блеском соседних звезд, следует долго всматриваться в звезду, иначе может произойти ошибочная оценка.

Период изменения Р Лиры составляет около 45 дней, но с неправильностями, типичными для полуправильных переменных. Звездами сравнения служат:

Блеск в звездных величинах		
$\alpha = 16$	Лиры	$= 5,06$
$\mu = \mu$		$= 5,04$
$\eta = \eta$		$= 4,46$
$\theta = \theta$		$= 4,46$
$\zeta = \zeta$		$= 4,06$
$\xi = \xi$	Геркулеса	$= 3,82$

Звезда  $\alpha = 16$  Лиры лежит к северу от R Лиры и положение ее видно на рис. 34.

### **g ГЕРКУЛЕСА**

Переменность этой звезды была впервые замечена Баксенделом в 1857 году.

Звезда является полуправильной переменной со средним периодом около 175 дней и с изменением блеска от 4,4 до 5,6 звездной величины. На карте окрестностей этой переменной, приведенной на рис. 60, отмечены следующие наиболее удобные звезды сравнения:

v	4,64	b	5,54
a	4,86	c	6,01

Наблюдения g Геркулеса возможны театральным биноклем или даже невооруженным глазом.

### **AF ЛЕБЕДЯ**

Переменность этой звезды была открыта Эспином в 1894 г., но характер самой переменности был выяснен лишь в 1925 г. исследованиями Воронцова-Вельяминова. Это был один из первых случаев установления полуправильной переменности. Средний период звезды составляет 94 дня, а блеск ее колеблется между 6,4 и 8,0 звездной величины. Звезды сравнения ее, помеченные на карте, общей с RR Лиры (рис. 65), имеют следующие значения блеска в звездных величинах.

a	6,34	d	7,18
b	6,70	e	7,40
c	6,87	f	7,79

### **RS ПАКА**

Эта переменная, открытая в 1898 г. Пикерингом, имеет следующие координаты:

$$\alpha = 9^{\text{h}}7^{\text{m}},0; \delta = +31^{\circ}13' (1940).$$

Звезда оставаясь не исследованной до 1923 г., когда характер ее изменений блеска был раскрыт Селивановым. Именно

она оказалась полуправильной переменной с средним периодом около 130 дней и с амплитудой от 5,4 до 6,7 величины. Наблюдатели, имеющие даже простой бинокль, могут сделать ценный вклад в науку, если систематически займутся ее наблюдениями. В качестве звезд сравнения удобно пользоваться следующими:

a 5,38 d 6,42  
b 5,83 e 7,06  
c 6,33

Все эти звезды обозначены на карте созвездия Рака (рис. 32).

Достаточно полный список переменных звезд, а также таких звезд, изменение блеска которых только предполагается, напечатан в «постоянной части» «Русского Астрономического Календаря» (4-ое изд. 1921 г.), дополнение к нему печатается ежегодно в переменной части того же Календаря. В выпусках последнего за 1926—1931 напечатаны также списки звезд сравнения для нескольких десятков переменных звезд.

#### 4. ОБРАБОТКА НАБЛЮДЕНИЙ НАД ПЕРЕМЕННЫМИ ЗВЕЗДАМИ

##### ОБРАБОТКА НАБЛЮДЕНИЙ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ ПО СПОСОБУ АРГЕЛАНДЕРА.

В каждом наблюдении должны быть даны:

1. Время наблюдения.
2. Сравнение блеска переменной с двумя, или более, ближайшими звездами сравнения (см. правила).

Зная блеск звезд сравнения, мы определяем по данным наблюдений блеск переменной, и для последнего берем среднее значение.

Поясню примером. В 1875 году 20 ноября я наблюдал минимум Альголя и между прочим получил следующие наблюдения:

№	Звездное пулковское время	Наблюдения
1	22 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup>	$\beta$ 3 $\alpha$ ; $\beta$ $\delta$ ; $\gamma$ 1 $\beta$ ;
2	18	$\beta$ 3 $\alpha$ ; $\beta$ 1 $\delta$ ; $\gamma$ 3 $\beta$ ; $\epsilon$ 2 $\beta$ ;
3	44	$\beta$ 2 $\alpha$ ; $\delta$ 2 $\beta$ ; $\epsilon$ 4 $\beta$ ;
4	57	$\beta$ 4 $\nu$ ; $\beta$ 2 $\alpha$ ; b 2 $\beta$ ;
5	23 7	$\beta$ 4 $\nu$ ; $\beta$ 1 $\alpha$ ; b 2 $\beta$ ; $\delta$ 4 $\beta$ ;
6	23 27	$\beta$ 3 $\nu$ ; $\beta$ 1 $\alpha$ ; b 2 $\beta$ ;
7	36	$\beta$ $\alpha$ ; b 3 $\beta$ ; $\gamma$ 4 $\beta$ ;
8	63	$\beta$ 2 $\alpha$ ; b 2 $\beta$ ; $\delta$ 2 $\beta$ ; $\gamma$ 3 $\beta$ ;
9	0 7	$\beta$ 3 $\alpha$ ; $\beta$ 2 $\delta$ ; b 3 $\beta$ ; $\gamma$ 1 0; $\delta$ 3 0
10	0 34	$\beta$ 4 $\alpha$ ; $\beta$ 1 $\delta$ ; $\beta$ $\epsilon$ ; $\gamma$ 1 0;

Первое наблюдение для времени 22<sup>h</sup>7<sup>m</sup> может быть переписано-следующим образом:

$$\beta = \alpha + 3: \beta = \delta : \beta = \gamma - 1;$$

зная же блеск звезд  $\alpha$ ,  $\delta$  и  $\gamma$  по шкале (стр. 191), можно определить блеск  $\beta$  по трем звездам сравнения, а именно:

$$\begin{aligned}\beta &= \alpha + 3 = 3,8 + 3 = 6,8 \\ \beta &= \delta = 8,0 = 8,0 \\ \beta &= \gamma - 1 = 11,4 - 1 = 10,4 \\ &\text{в среднем} = 8,3 \text{ степ.}\end{aligned}$$

Таким же точно образом выводится блеск Альголя и для второго наблюдения:

$$\begin{aligned}\beta &= \alpha + 3 = 3,8 + 3 = 6,8 \\ \beta &= \delta + 1 = 8,0 + 1 = 9,0 \\ \beta &= \gamma - 3 = 11,4 - 3 = 8,4 \\ \beta &= \varepsilon - 2 = 12,4 - 2 = 10,4 \\ &\text{в среднем} = 8,6 \text{ степ.}\end{aligned}$$

и т. д.

Поступив подобным образом со всеми наблюдениями, мы получим следующий блеск Альголя во время наблюдений:

№	Время	Наблюденный блеск				Средний блеск
1	22 <sup>ч</sup> 7 <sup>м</sup> 1	6,8;	8,0;	10,4;		8,3 степ.
2	18	6,8;	9,0;	8,4;	10,4	8,6 "
3	44	5,8;	6,0;	8,4;		6,7 "
4	57	5,0;	5,8;	7,1;		6,0 "
5	23 7	5,0;	4,8;	7,1;	4,0	5,2 "
6	27	4,0;	4,8;	7,1;		5,3 "
7	36	3,8;	6,1;	7,4;		5,8 "
8	53	5,8;	7,1;	6,0;	8,4	6,8 "
9	0 7	6,8;	10,0;	6,1;	10,4 9,4;	8,5 "
10	34	7,8;	10,1;	12,4;	10,4	10,2 "

Если затем на графленой бумаге нанести в произвольном масштабе для каждого наблюдения средний блеск Альголя, то получится кривая, выражающая собой последовательность изменения блеска переменной. Низшая точка кривой будет соответствовать моменту наименьшей яркости или эпохе минимума.

## СОСТАВЛЕНИЕ ШКАЛЫ БЛЕСКА ЗВЕЗД СРАВНЕНИЯ

Хотя в предыдущем для каждой переменной приведены звезды сравнения, а в ряде случаев и шкалы блеска в степенях, тем не менее весьма важно, чтобы каждый наблюдатель сам вывел шкалу из своих наблюдений; в ней могут отразиться особенности глаза наблюдателя при оценке блеска звезд; переход же от одной шкалы к другой не представляет затруднений.

По способу Аргеландера, наблюдение над переменной заключается в сравнении ее блеска с блеском по крайней мере двух звезд сравнения, из которых одна ярче, а другая слабее переменной. Подобное наблюдение представляет возможность определить относительный блеск как переменной, так и звезд сравнения

Пусть переменная будет  $R$ , а звезды сравнения  $a$  и  $b$ , причем  $b$  ярче  $a$ . Положим, что по оценке наблюдателя имеем:

$$\begin{aligned} R & 3 a \\ b & 2 R. \end{aligned}$$

Эта запись означает, что  $B$  ярче  $a$  на 3 степени и слабее  $b$  на 2. Наблюдения могут быть переписаны следующим образом:

$$\begin{aligned} R &= a + 3 \\ b &= R + 2. \end{aligned}$$

Сложив оба уравнения по частям, мы получим:

$$R + Bb = B + a + 5$$

или

$$b = a + 5,$$

откуда

$$b - a = 5, \quad (1)$$

т. е.  $b$  ярче  $a$  на 5 степеней.

Таким образом, по сущности самого способа наблюдений является возможность определить различие в блеске звезд сравнения и выразить его в степенях.

Так как переменная может быть наблюдаема несколько раз между одними и теми же звездами сравнения  $a$  и  $b$ , то каждое наблюдение даст уравнение вида (1), но вследствие неизбежных ошибок наблюдений разность  $b - a$  в каждом из них может вообще и не равняться 5 степеням, а быть несколько больше или меньше 5. Для определения вернейшего значения разности блеска  $b - a$  берется средняя арифметическая из всех определений.

Таким же точно образом определяется разность блеска между каждыми двумя другими звездами сравнения.

Предположим затем, что для наблюдения переменной избраны звезды сравнения  $a, b, c$  и  $d$  и что наблюдениями определено:

$$\begin{aligned} b - a &= 5,0 \text{ степеней} \\ c - b &= 3,7 \\ d - c &= 1,8 \end{aligned} \quad (2)$$

Для получения шкалы блеска недостает еще одного условия, так как из наблюдений получаются только три отдельные разности (2), а неизвестных четыре, по числу звезд сравнения  $a, b, c$  и  $d$ .

Вследствие этого наблюдения не представляют возможности определить абсолютный блеск звезд сравнения, а лишь относительный. Примем, что блеск одной из звезд сравнения выражается произвольным числом степеней; например, положим,

$$a = 0 \text{ степеней.} \quad (3)$$

Это условие, вместе с тремя предыдущими (2), достаточно для определения шкалы блеска звезд сравнения. Действительно, мы имеем:

$$\begin{aligned} a &= 0 \text{ — } 0 \text{ степеней} \\ b &= a + 5,0 = 5,0 \quad \text{“} \\ c &= b + 3,7 = 8,7 \quad \text{“} \\ d &= c + 1,8 = 10,5 \end{aligned}$$

Составление шкалы блеска несколько усложняется, если, кроме четырех уравнений (2) и (3), из наблюдений получаются еще другие разности блеска, например  $c - a$ ,  $d - b$  и  $d - a$ ; положим, что, кроме трех предыдущих условий (2), наблюдения дают:

$$\begin{aligned} c - a &= 8,5 \\ d - b &= 0,3 \\ d - a &= 11,1 \end{aligned}$$

Тогда для определения блеска четырех звезд имеется семь уравнений. Решение уравнений должно производиться по правилам теории вероятностей. Для упрощения вычислений дозвоятся, однако, отступления от названных правил без ущерба для точности результатов. Можно указать на следующее упрощение. Результаты наблюдений располагаются предварительно в порядке блеска, начиная со слабого:

$$\left. \begin{aligned} b - a &= 5,0 \\ c - a &= 8,5 \\ d - a &= 11,1 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} (a) \quad c - b &= 3,7 \\ (a) \quad d - b &= 5,3 \end{aligned} \quad \left. \begin{aligned} (b) \quad b - c &= 1,8 \\ (b) \quad b - d &= -6,5 \end{aligned} \right\} (b) \quad (c) \quad (d).$$

Приняв для  $a$  значение 0, мы определяем по уравнениям (a) блеск всех остальных звезд  $b$ ,  $c$  и  $d$ ; затем, по полученному значению блеска для  $b$ , определяем блеск звезд  $c$  и  $d$  по группе уравнений (b); тогда для  $c$  получаются два значения; взяв среднее из них, мы определяем блеск  $d$  по уравнению (c). Блеск звезды  $d$  будет иметь три определения, из которых составляется среднее. Изложенное действие изображено следующей таблицей:

по зв. $a$	по ур. (a)	$a = 0$ ;	$b = 5,0$ ;	$c = 8,5$ ;	$d = 11,1$
» » $b$	» » (b)			$c = 8,7$ ;	$d = 10,3$
» » $c$	» » (c)			Среднее $c = 8,6$ ;	$d = 10,4$
					Среднее $d = 10,6$ .

Итак, получается шкала:

$$\begin{aligned} a &= 0,0 \text{ степеней} \\ b &= 5,0 \quad \text{»} \\ c &= 8,6 \quad \text{»} \\ d &= 10,6 \quad \text{»} \end{aligned}$$

## ПЕРЕВОД СТЕПЕНЕЙ В ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

Для перевода степеней, выражающих блеск переменной, в звездные величины необходимо знать величины звезд сравнения,

Имея их, построим на бумаге, разграфленной в клетку, чертеж, причем по горизонтальной оси (абсцисс) будем откладывать звездные величины звезд сравнения, а по вертикальной оси (ординат) блеск их, выраженный в степенях. На график нанесем столько точек, сколько имеем звезд сравнения, и затем проведем на-глаз плавную линию, возможно более близкую ко всем точкам. Обычно такой линией является прямая линия и лишь редко линия с некоторой кривизной. Тогда по этому графику мы можем перевести блеск переменной, выраженный в степенях, в звездные величины.

Приведем пример.

Из наблюдений  $\beta$  Лиры я получил следующую шкалу звезд сравнения, приведенную ниже в табличке вместе с величинами звезд сравнения.

Звездная Шкала в величинах степенях			
$\gamma$	Лиры . . .	3,0	17,0
$\xi$	Геркулеса	3,82	11,4
$\sigma$	„	3,83	8,7
$\kappa$	Лиры . .	4,34	2,4
$\delta$	„ . .	4,52	0,1

Чертеж, о котором мы говорили выше, получается следующий (см. рис. 69). Проведя прямую линию, мы можем определить звездные величины звезд сравнения, в шкале наблюдателя,—до сих пор они были определены лишь в степенях. Для этого смотрим по проведенной на чертеже прямой линии, какой звездной величине (внизу на горизонтальной оси) соответствует тот или иной блеск, выраженный в степенях (налево, на вертикальной оси). Прodelав такие определения, получим:

	Гарвард. фотом.	Проф. Глазенап.
$\gamma$ Лиры . . . .	3,30	3,82
$\xi$ Геркулеса . .	3,82	3,72
$\sigma$ „ . . . .	3,83	3,92
$\kappa$ Лиры . . . .	4,34	4,36
$\delta$ „ . . . .	4,52	4,52

Более всего от гарвардских величин отклонились  $\sigma$  и  $\xi$  Геркулеса, подозреваемые в переменности (см. выше, стр. 193).

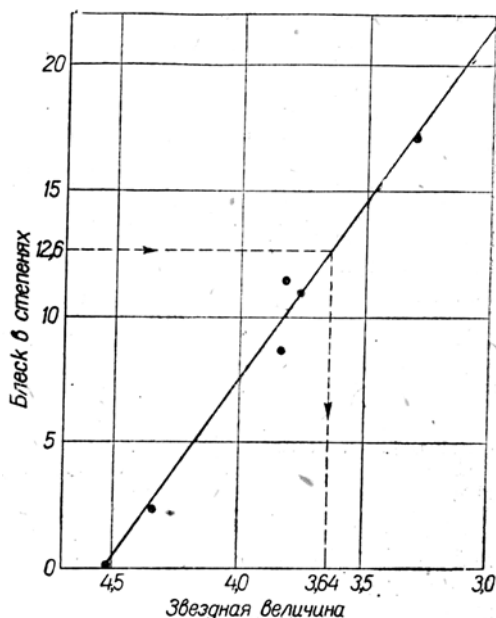


Рис. 69. Графическое представление связи звездных величин со шкалой, выраженной в степенях.



Попутно можно определить, чему равняется средняя величина светового интервала, равного одной степени, если ее выразить в звездных величинах. Для этого нужно на графике посмотреть, насколько между собою отличаются звездные величины при изменении блеска на 1 степень. В нашем случае мы найдем, что одна степень равна 0,07 звездной величины.

Поясним примером, каким образом наблюденный блеск  $\beta$  Лиры, выраженный в степенях, переводится в звездные величины.

В 1901 г. я наблюдал  $\beta$  Лиры и получил следующий блеск в степенях:

- |      |            |            |        |
|------|------------|------------|--------|
| 1.   | 6 сентября | 8 ч. 30 м. | = 12,6 |
| 2.0  | „          | 10 „ 13 „  | = 10,9 |
| 3.14 | „          | 7 „ 40 „   | = 6,8  |

Входим в график с этими значениями, и получается следующий блеск  $\beta$  Лиры (на чертеже случай первого наблюдения отмечен пунктирной линией со стрелками, указывающими направление):

- |    |        |                   |
|----|--------|-------------------|
| 1. | = 3,64 | звездной величины |
| 2. | = 3,76 | " "               |
| 3. | = 4,05 | " "               |

#### ОБРАБОТКА НАБЛЮДЕНИЙ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ ПО СПОСОБАМ ПИКЕРИНГА ИЛИ НЭЙЛАНДА

Предположим, что мы имеем такие наблюдения  $\beta$  Лиры:  $\gamma 2\beta 8\theta$ . Это означает, что блеск  $\beta$  Лиры на  $2/10$  светового различия между  $\gamma$  Лиры и  $\theta$  Геркулеса слабее, чем первая из этих двух звезд сравнения. Звездные величины звезд сравнения известны, а именно  $\gamma = 3,30$  и  $\theta = 3,99$ . Следовательно, световое различие между  $\gamma$  и  $\theta$  равно 0,69 зв. величины, одна десятая его равна 0,069 зв. велич., а две десятых от него составляют круглым счетом 0,14. Следовательно, блеск  $\beta$  Лиры, выраженный в звездных величинах, будет  $\beta = 3,30 + 0,14 = 3,44$ . Как видим, обработка наблюдений, произведенных по способу Пикеринга, очень проста.

Но есть одно обстоятельство, заставляющее в ряде случаев, где требуется большая точность, отказываться от наблюдений по этому способу. Глаза каждого наблюдателя имеют свою, им присущую, цветочувствительность, и поэтому Две звезды, строго равные в фотометрическом каталоге, но отличающиеся между собою в смысле цвета, могут казаться наблюдателю и не равными по блеску. Поэтому получение шкалы блеска звезд сравнения, представляющей собою блеск той или иной звезды, как она именно кажется наблюдателю, чрезвычайно важно. Шкалу звезд сравнения дают наблюдения, произведенные по способу Аргеландера и по способу Нэйланда. Если по этому последнему способу наблюдение записано так:  $a1v3b$ , то оно означает, что  $a$  ярче  $b$  на четыре степени, или  $a - b = 4$ . Даль-

нейшие вычисления при выводе шкалы блеска звезд сравнения не отличаются от таковых, приведенных выше при рассмотрении обработки наблюдений, произведенных по способу Аргеландера. А обработка наблюдений производится так. По графику определяют величины звезд сравнения в индивидуальной шкале наблюдателя и с ними производят вычисления так же, как и по способу Пикеринга, с тем только различием, что разница в звездных величинах звезд сравнения делится не на 10 частей, а на столько, сколько между ними было степеней в каждом данном случае.

#### ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ БЛЕСКА ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД

Если переменная звезда имеет достаточно длинный период (два месяца и больше), или если данная переменная принадлежит к неправильным или полуправильным звездам, то кривая блеска строится очень просто. Взяв клетчатую бумагу, откладываем на горизонтальной оси в подходящем масштабе время, а на вертикальной оси — звездные величины. Тогда наблюдения представляются в виде отдельных точек, нанесенных против соответствующих дней наблюдений и звездных величин. Для построения самой кривой блеска соединяют плавной кривой нанесенные точки. При этом нужно лишь обращать внимание на степень достоверности, с которой наблюдатель оценивает свои наблюдения, и не проводить кривую обязательно через все точки. Также в тех местах чертежа, где имеются перерывы в наблюдениях, кривую вести можно лишь в случае, если ее течение в это время было совершенно бесспорно, а пропущенный при наблюдениях промежуток времени невелик.

Несколько сложнее обстоит дело с построением кривых блеска строго периодических переменных звезд, периоды которых выражаются всего несколькими днями или еще меньше. Здесь чертеж, построенный как и в случае только что разобранным, будет очень груб, так как иногда может оказаться, что в течение целого периода было, например, одно или даже ни одного наблюдения. Поэтому здесь предпочитают получать так называемые *средние кривые*, пользуясь известной величиной периода.

Делается это так. Будем, например, считать, что наблюдения начались 1-го числа какого-нибудь месяца и производятся ежедневно. За период примем круглое число, например 6 дней. Тогда очевидно, что наблюдение 7-го числа дает нам блеск переменной звезды в той же его фазе, что и 1-го числа. Далее 8-е число соответствует 2-му и т. д., 13-е число опять 1-му и т. д. Таким образом, мы все наши наблюдения как бы сведем к интервалу времени между 1-м и 6-м числом данного месяца. Наблюдений теперь окажется много они густо заполнят чертеж, и кривая блеска вырисуеться уже более или менее удовлетворительно.

## Список переменных звезд в максимуме ярче 6,0

	1940,0		Ампли- туда	Период в днях	Тип
	$\alpha$	$\delta$			
<i>T</i> Кита . . . . .	00° 18',8	—20°24'	5,2-6,0	159	полупр.
$\alpha$ Кассиопеи . . .	00 37 ,0	+56 13	2,2—2,6	—	неправ.
<i>RR</i> Овна . . . . .	01 52 ,5	+23 17	5,7-6,4	—	»
$\sigma$ Кита . . . . .	02 16 ,3	—03 16	3,0—9,5	332	долгопер.
<i>R</i> Треугольника .	02 33 ,4	+ 34 00	5,9—11,5	268	»
<i>EZ</i> Кассиопеи . .	02 43 ,5	+ 69 23	6,3—7,8	1,20	затм.
<i>SU</i> . . . . .	02 46 ,6	+ 68 37	6,0—6,4	1,95	цеф.
$\rho$ Персея . . . . .	03 01 ,3	+ 38 37	3,3—4,1	—	неправ.
$\beta$ . . . . .	03 04 ,2	+40 43	2,2—3,5	2,87	затм.
$\lambda$ Тельца . . . . .	03 57 ,3	+ 12 19	3,8—4, 1	3,95	»
<i>CI</i> Ориона . . . . .	05 26 ,5	-01 08	4,1—5,2	—	неправ.
<i>CK</i> . . . . .	05 27 ,2	+04 10	5,7—6,3	—	»
<i>VV</i> . . . . .	05 30 ,5	-01 11	5,3—5,7	1,49	затм.
$\alpha$ . . . . .	05 51 ,9	+ 07 23	0,4-1,1	2070	полупр.
$\eta$ Близнецов . . .	06 11 ,3	+22 32	3,2—4,2	236	»
<i>AE</i> Возничего . .	06 12 ,4	+34 15	5,3—6,2	—	неправ.
<i>T</i> Единорога . . .	06 21 ,9	+07 07	5,6-6,8	27,01	цеф.
<i>R T</i> Возничего . .	06 24 ,7	+30 32	5,0—5,9	3,73	»
<i>WW</i> » ...	06 28 ,6	+ 32 30	5,6-6,2	2,53	затм.
<i>UU</i> » ...	06 32 ,4	+ 38 30	5,1—6,8	—	неправ.
$\zeta$ Близнецов . . .	07 00 ,6	+ 20 40	3,7-4,1	10,15	цеф.
<i>R</i> Б. Пса . . . . .	07 16 ,8	—16 17	5,4—6,0	1,14	затм.
<i>U</i> Единорога . . .	07 27 ,9	—09 39	5,8—7,0	92	полупр.
<i>RS</i> Рака . . . . .	09 07 ,0	+31 13	5,3—6,8	130	»
<i>R</i> Льва . . . . .	09 44 ,3	+ 11 42	5,5—10,0	315	долгопер.
<i>U</i> Гидры . . . . .	10° 34',6	—13°14'	4,8—5,9	—	непраг.

**лица IV**  
**звездной величины до — 30° склонения**

	1940,0				Ампли- туда	Период в днях	Тип
	α		δ				
У Гончих Псов . .	12	42,5	+45	46	4,5-5,8	150	полупр.
R Гидры . . . . .	13	26,6	—22	58	3,5—10,1	417	долгопер.
δ Весов . . . . .	14	57,8	—07	36	4,8-5,9	2,33	затм.
R Сев. Короны . .	15	46,1	+ 28	20	5,8—14,0	—	неправ.
g Геркулеса . . .	16	26,7	+42	01	4,4-5,6	88	полупр.
χ Змееносца . . .	16	54,9	+ 09	28	3,5—4,5	—	неправ.
a Геркулеса . . .	17	11,9	+ 14	27	3,1-3,9	2 250	полупр.
U Змееносца . . .	17	13,5	+01	17	5,7-6,4	1,68	затм.
и Геркулеса . . .	17	15,1	+33	10	4,7—5,3	2,05	»
X Стрельца . . .	17	45,0	—27	49	4,2-5,3	7,01	цеф.
W » . . . . .	18	02,5	—29	35	4,2—5,4	7	»
AP » . . . . .	18	10,6	—23	09	5,7-7,3	5,06	»
Y » . . . . .	18	17,8	— 18	57	5,0-5,9	5,77	»
d Змеи . . . . .	18	24,1	+ 00	09	4,9—5,5	—	неправ.
R Щита . . . . .	18	43,3	—05	46	4,8—8,3	143	полупр.
β Лиры . . . . .	18	47,9	+ 33	18	3,4—4,3	12,91	затм.
R Лиры . . . . .	18	53,7	+43	46	4,0—4,8	45	полуправ.
χ Лебедя . . . . .	19	48,3	+32	46	4,5—14,0	413	долгопер.
η Орла . . . . .	19	49,4	+00	51	3,7-4,4	7,18	цеф.
S Стрелы . . . . .	19	53,3	+ 16	29	5,4-6,3	8,38	»
X Лебедя . . . . .	20	41,1	+ 35	22	6,0—6,9	16,89	»
T Лисички . . . . .	20	49,1	+28	01	5,4—6,3	4,44	»
T Цефея . . . . .	21	08,8	+68	14	6,0—10,7	396	долгопер.
W Лебедя . . . . .	21	33,8	+ 45	07	5,1—7,0	131	полуправ.
μ Цефея . . . . .	21	41,6	+58	30	4,0-5,0	750	»
VV » . . . . .	21	55,0	+63	19	4,9-5,7	—	неправ.
δ » . . . . .	22	26,0	+ 58	07	3,7-4,4	5,37	цеф.
ρ Кассиопеи . . .	23	51,4	+ 57	10	4,6—5,0	1 100?	полуправ.
R » . . . . .	23	55,4	+ 51	03	5,5-13,0	426	долгопер.

Подобная операция носит название приведения к одному периоду.

Переходя к конкретным случаям, следует только добавить, что и здесь из моментов наблюдений следует столько раз вычитать период, чтобы все полученные таким образом значения располагались в пределах длины одного периода. При таких вычислениях удобнее всего превращать моменты наблюдений, выраженные в часах и минутах, в доли дня и пользоваться длиной периода, также выраженного в днях и их десятичных долях.

Существуют и другие приемы вычисления средних кривых, но для ознакомления с ними мы отсылаем читателей к литературе, приведенной на стр. 189.

Мы приводим здесь список переменных звезд, достигающих в максимуме блеска звезд 6,0 величины и ярче.

## ГЛАВА XI

### НОВЫЕ ЗВЕЗДЫ

Появление блестящей «новой звезды» всегда производило глубокое впечатление на людей. Созвездия отличаются таким постоянством очертаний, что неожиданное появление нового светила, изменяющего весь характер созвездия, невольно привлекает внимание; не удивительно поэтому, что в прежнее время появление новых звезд приписывалось чему-то сверхъестественному, в большинстве случаев — зловещему. Знаменитая новая звезда 1572 г., описанная Тихо-де-Ефаге и носящая его имя, рассматривалась как предзнаменование кончины мира; она появи-



Рис. 70. Изменение блеска новой звезды в Змееносце в 1604 г.

лась в созвездии Кассиопеи и поражала всех своим блеском: она превосходила своим блеском Венеру и Юпитера. Звезда была так ярка, что была видна днем при полном солнечном сиянии. Ничего подобного прежде не видели.

В 1574 г. звезда поблекла и скрылась (см. «Созвездие Кассиопеи»).

Через 30 лет после этого вспыхнула новая звезда в созвездии Змееносца (рис. 70).

Все новые звезды появлялись вдруг, совершенно неожиданно. Никакой периодичности в их возгорании до сих пор не замечено, а потому нет никакой возможности предвидеть их появления. В большинстве случаев они блещут очень недолго и затем блекнут, исчезают, становятся невидимыми невооруженному глазу. Некоторые из новых звезд последнего времени, после кратковременного блистания, поблекли и стали телескопическими переменными звездами, представляя периодические изменения своего блеска.

Оказалось, что внезапное увеличение яркости новых звезд (которые существуют и до своей вспышки, но лишь как слабые звезды) вызвано катастрофически быстрым вздутием звезды (на

подобие мыльного пузыря). Действительно, если при вспышке этих звезд их температура (обычно порядка  $10\,000^\circ$ ) не меняется, как показывают наблюдения, то увеличение блеска должно быть вызвано увеличением светящейся поверхности шарообразной звезды. Не трудно рассчитать, что, например, новая звезда, вспых-

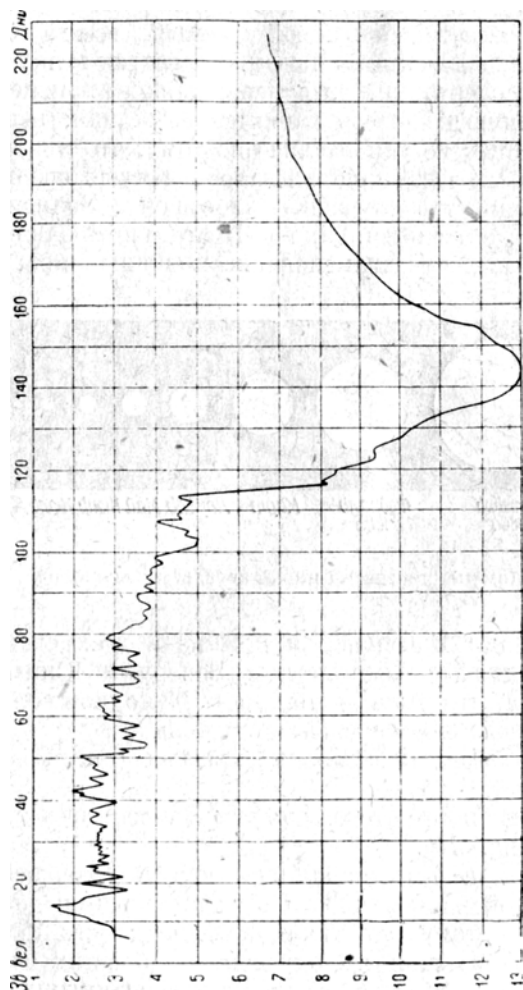


Рис. 71. Кривая изменения блеска новой Геркулеса 1934 г.

нувшая в декабре 1934 г. в созвездии Геркулеса, увеличившись в яркости за несколько дней примерно в 360 000 раз (рис. 71), должна была увеличиться в диаметре в 600 раз.

Действительно, яркость должна была возрасти пропорционально увеличению поверхности звезды. Но поверхность шара увеличивается пропорционально квадрату его диаметра. Сле-

довательно, диаметр новой Геркулеса должен был возрасти в

$$\sqrt[3]{360\,000} = 600 \text{ раз.}$$

Что звезда при этом разбухает, подтверждается спектроскопическими исследованиями. Они показывают, что обращенная к Земле поверхность звезды приближается к нам со скоростью нескольких десятков километров в секунду.

Отчего происходит с некоторыми звездами такая катастрофа,— еще не совсем ясно, но несомненно, что она подготавливается различными естественными процессами внутри самой звезды еще задолго до вспышки. Во всяком случае о столкновении двух звезд здесь не может быть и речи, так как новые звезды вспыхивают несравненно чаще, чем возможны столкновения между звездами, разделенными огромными безднами пространства.

Но что происходит дальше с такой чудовищно разбухшей звездой? Исследования последних лет показали, что в момент наибольшей яркости и наибольшего вздутия от звезды отделяется обширная газовая оболочка, удаляющаяся от звезды во все стороны со скоростью около 1000 км в секунду и даже больше.

Постепенно эта оболочка, по своей плотности и химическому составу, во всем похожая на обычные газовые туманности, как, например, на туманность Ориона, расширяясь, рассеивается в пространстве. В то же время сама звезда сжимается, уменьшается в размерах и разогревается до 50—70 тысяч градусов. Через несколько лет, постепенно ослабевая, новая звезда достигает той же яркости, какую она имела до своей внезапной вспышки. Однако звезда становится уже не той — она становится маленькой, горячей и почти такой же чудовищно плотной, как знаменитый спутник Сириуса, о котором мы уже говорили.

С некоторыми новыми звездами происходят, однако, еще более удивительные изменения — они при катастрофе, по-видимому, раскалываются надвое. По крайней мере новые звезды в созвездии Живописца в 1925 г. и в созвездии Геркулеса в 1934 г. через некоторое время оказались двойными звездами. Были ли они такими же и до вспышки — сказать нельзя, так как они были тогда очень слабы и не давали повода ожидать у них каких-либо неожиданных явлений, — эти звезды были тогда зарегистрированы, но их еще не изучали подробно. Более подробные сведения о новых звездах читатели найдут в книге проф. Воронцова-Вельяминова «Новая звезда в созвездии Геркулеса» (изд. 1935 г.). Более подготовленным читателям полезно изучить книгу того же автора «Новые звезды и галактические туманности» (изд. 1935 г.).

Если огромная вспышка яркости звезды наблюдаема только один раз, то звезда причисляется к новым звездам; но если удалось наблюдать ее повторную вспышку, то она переносится из класса новых звезд в класс новоподобных переменных звезд. К числу таких можно причислить звезду RS Змееносца. Обык-



новенно она блестит как звезда одиннадцатой величины, но в 1898 г. она неожиданно вспыхнула, достигнув яркости 7,7 величины; затем поблекла и вернулась к прежнему состоянию одиннадцатой величины. Через 35 лет, в 1933 г. 11 августа, она вторично вспыхнула, достигнув блеска звезд 5,2 величины, а на следующий день была уже 4,3 величины, после этого она стала блекнуть и вернулась снова к одиннадцатой величине. В обычных условиях она не может быть доступна наблюдению любителей астрономии, но не мешает любителям почаще в безлунные летние вечера осматривать эту часть неба в бинокль и следить, не вспыхнула ли RS Змееносца снова.

Почти все яркие новые звезды были открыты любителями-астрономами. Например, новая звезда 1866 г. в созвездии Ко-

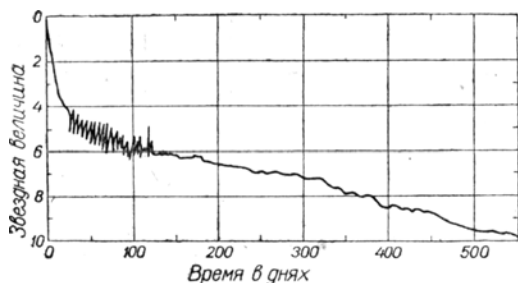


Рис. 72. Кривая изменения блеска новой Персея.

роны была открыта одновременно несколькими любителями-астрономами в Ирландии и Америке; новая звезда в Персее в 1901 г. (рис. 72) открыта учеником о. Киевской гимназии Борисяком; новая Блинецов 1912 г. открыта шведским любителем астрономии

Эспином; новая Орла 1918 г. открыта учителем астрономии Островлевым в Феодосии и другими любителями; новая звезда Лебеда 1920 г. открыта известным английским любителем Деннингом, новая Живописца 1925 г. — южно-африканским почтовым служащим Вотсоном и новая Геркулеса 1934 г. английским любителем, наблюдателем падающих звезд Прэнтайсом.

Однако открыть новую звезду вовсе не так легко. Годы могут пройти, и труд любителя, посвятившего себя разысканию новых звезд, может не увенчаться успехом; другой же любитель может открыть блестящую новую звезду без особой затраты труда и времени.

Для того чтобы любитель мог открыть новую звезду, он должен хорошо знать звездное небо, а на это требуется время. Некоторые туманные пятна и звездные группы, а в особенности Ясли и Плеяды, смущали многих начинающих, а блестящие планеты, как Венера, Марс, Юпитер и Сатурн, нередко принимались за «новые звезды». Чтобы не было подобных промахов, необходимо хорошо знать звездное небо; это достигается без труда по истечении некоторого времени.

Предписать правила для открытия новых звезд нельзя; но сделаем следующие общие замечания. Надо выбрать какое-ни-

будь одно созвездие и хорошо его изучить, понимая под этим сравнение всех видимых невооруженным глазом звезд со звездным атласом. Если вы пользуетесь театральным биноклем, то можно карандашом дополнительно нанести на имеющуюся звездную карту все те звезды, которые видны в ваш бинокль. Затем в каждый ясный вечер надо осматривать созвездия и сравнивать их с дополненной картою избранного созвездия. Само собою разумеется, что при этом вы немедленно же заметите малейшее изменение, происшедшее в созвездии. Если появится новая звезда, то она сразу бросится в глаза; вы сейчас же уведомите по телеграфу ближайшую обсерваторию и тем обеспечите дальнейшее наблюдение над звездою, вами открытою. При этом надо сообщить в телеграмме точное местоположение новой звезды, ее блеск и дату открытия.

В конце девятнадцатого века новые звезды наблюдались значительно чаще, чем в начале; это зависело от того, что большая часть новых звезд последнего времени открыта фотографией. Если исключить новые звезды, открытые фотографией, то оказывается, что в среднем за истекшее столетие в 12 лет появлялась одна новая звезда. Всем желающим принять участие в разыскании новых звезд следует иметь в виду приведенный статистический вывод о числе новых звезд, появляющихся в известный промежуток времени, и не приходить в отчаяние, если, начав разыскивать новые звезды, им не удастся произвести открытия в первые же годы своих трудов.

Статистика показывает, что новые звезды располагаются преимущественно вдоль Млечного Пути. Профессор Э. Пикеринг обратил внимание, что все новые звезды располагаются вблизи центральной линии Млечного Пути. Средняя, так называемая галактическая широта всех новых звезд, т. е. их среднее угловое расстояние от Млечного Пути, не обращая внимания на знак, равно  $5^{\circ},8$ , а если бы они были распределены равномерно по всему небесному своду, то средняя широта равнялась бы  $30^{\circ}$ . Пояс, ограниченный параллелями в  $30^{\circ}$  галактической широты, обнимает половину небесной сферы. Только одна звезда появилась вне этого пояса, это — новая Северной Короны, галактическая широта которой равна  $46^{\circ},8$ .

Вот что дают нам прямые наблюдения; с ними необходимо считаться всякому, желающему заняться открытием новых звезд. Если будут выбраны созвездия, лежащие вдали от Млечного Пути, то можно быть уверенным, что среди их звезд ни одна новая не будет открыта.

Трудно допустить чтобы все новые звезды случайно расположились вдоль Млечного Пути; всего вероятнее, что причина их появления в этой области заключается в особенностях Млечного Пути, а потому любитель астрономии, желающий заняться открытием новых звезд, должен избрать созвездия Млечного Пути.

Несколько раз мною было обращено внимание на возможную неудачу в деле разыскания новых звезд, зависящую не от наблюдателя, а от того, что новые звезды появляются довольно редко. Но вот появилась новая звезда; необходимо наблюдать изменения ее блеска. Обыкновенно в первые дни своего появления она быстро изменяет блеск; сначала он увеличивается, а затем блекнет; подобный порядок замечается у всех новых звезд. Наблюдения заключаются в сравнении блеска новой звезды с несколькими избранными звездами сравнения, имеющими постоянный блеск и лежащими недалеко от новой звезды. Способ же сравнения блеска звезд совершенно тот же, что изложен в главе о переменных звездах.

Что же касается разыскания новых звезд, то оно может вестись параллельно с другими астрономическими работами, например с наблюдением переменных звезд и с изучением Млечного Пути. При таких условиях всякая новая звезда, появившаяся в пределах избранных созвездий, не ускользнет от внимания наблюдателя и будет им открыта; если же не посчастливится открыть новой звезды, то наблюдатель не будет особенно огорчен, так как он производил другие наблюдения, например над переменными звездами; а эти наблюдения являются, так сказать, беспроигрышными, потому что всякое точное наблюдение над ними представляет ценный научный вклад.

## ГЛАВА XII

### СПОСОБЫ СЧЕТА И ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ

#### 1. ЗВЕЗДНОЕ, ИСТИННОЕ И СРЕДНЕЕ ВРЕМЯ

**В** главе о координатах небесных светил нам пришлось упомянуть о часах, идущих по звездному времени; звездное время необходимо как при разыскании звезд, так и при обработке некоторых наблюдений. В настоящей главе дается подробное понятие как о звездном времени, так и об так называемом истинном и среднем времени и соотношении между ними.

Всякая точка небесной сферы дважды проходит через меридиан данного места. Явление прохождения светила через меридиан называется *ку л ь м и н а ц и е й*; - одна кульминация называется верхней, а другая — нижней. Верхней кульминацией для всего северного полушария Земли называется прохождение светила через меридиан между полюсом мира и точкой юга (лежащей на горизонте), а нижнюю — от полюса в сторону точки севера (также лежащей на горизонте). У близких к полюсу звезд наблюдаются обе кульминации. Для восходящих и заходящих светил видна только одна верхняя кульминация; нижняя же происходит под горизонтом.

Когда точка весеннего равноденствия находится в верхней кульминации, считается 0 ч. 0 м. 0 с. по звездному времени. Промежуток времени между двумя последовательными верхними кульминациями точки весеннего равноденствия называется *з в е з д н ы м и* сутками; они делятся на 24 равные части, называемые звездными часами. Каждый час делится на 60 минут, а минута — на 60 секунд. Когда точка весеннего равноденствия повернется к западу от меридиана на угол в 15.градусов, считается один час по звездному времени; когда она отойдет на 30 градусов, считается два часа по звездному времени и т.д. Вообще, если точка весеннего равноденствия отстоит от меридиана на угол в N градусов (считаемый по экватору), то местное

звездное время S равно N/15. Этот угол равен углу между плоскостью меридиана и плоскостью круга склонения, проходящего через точку весеннего равноденствия. Он называется *ч а с о в ы м* углом и отсчитывается от юга к западу. Из этого определения следует, что местное звездное время есть часовой угол точки весеннего равноденствия, выраженный во времени.

Приведем пример.

Точка весеннего равноденствия отстоит от меридиана на

196°32'; спрашивается, чему равно звездное время? По только что сделанному определению оно равно

$$S = \frac{196^{\circ} 32'}{15} = 13^{\text{ч}} 6^{\text{м}} 8$$

Момент верхней кульминации центра Солнца называется местным истинным полднем; момент нижней кульминации центра Солнца — местной истинной полуночью; а промежуток времени между двумя последовательными истинными полуночами называется истинными сутками. Подобно звездным суткам, они делятся на 24 часа, час на 60 минут, а минута на 60 секунд. Истинное время есть часовой угол центра истинного Солнца, выраженный во времени.

Истинные сутки не представляют собой постоянной величины, так как видимое движение Солнца по небесной сфере происходит неравномерно. Как в обыденной жизни, так и для научных целей неудобно пользоваться переменной единицею времени. Вследствие этого астрономы ввели особую воображаемую точку, которая движется равномерно по экватору и описывает его в то же время, как истинное Солнце совершает полный оборот по эклиптике; они назвали ее *средним солнцем*.

Промежуток времени между двумя последовательными верхними (или нижними) кульминациями среднего солнца называется *средними сутками*, они делятся на 24 часа, час на 60 минут, а минута на 60 секунд. Часовой угол среднего солнца, сосчитанный от южной части меридиана, есть *местное среднее время*. До 1925 г. астрономы считали началом средних суток средний полдень, а теперь по международному соглашению астрономы приняли общегражданский счет суток от средней полуночи. Поэтому теперь *местное среднее время* надо понимать как *часовой угол среднего солнца* плюс 12 часов. Например, часовой угол солнца 30° к западу от южной части меридиана, т. е. 2 часа, а среднее время равно 14 часам. За начало суток принимается таким образом средняя полночь, от которой часы считаются в последовательном порядке до следующей полуночи от 0 до 24 час. В полдень считается 12 часов.

Уточним понятие об истинном и среднем времени.

Ежегодно центр истинного Солнца, движущийся по эклиптике, дважды пересекает экватор — в точках весеннего и осеннего равноденствий. Промежуток времени между двумя последовательными прохождением центра Солнца через точку весеннего равноденствия называется *тропическим годом*.

Это время равно 365,2422 средних солнечных суток. Солнце имеет неравномерное видимое движение по эклиптике; когда Земля находится в перигее, его видимое движение всего быстрее; в апогее же оно всего медленнее.

Заметим, что перигеом называется ближайшая к Солнцу точка годовичного пути земли вокруг Солнца, а апогеом — отдаленнейшая.

Вообразим точку, движущуюся по эклипке равномерно и возвращающуюся в перигей одновременно с неравномерно движущимся центром Солнца. Положение этой точки определяется вполне точно для каждого данного мгновения, так как известны время прохождения точки через перигей и скорость ее движения.

Вообразим затем другую точку, которая движется равномерно по экватору и с такою же скоростью, с какою движется первая точка по кругу эклиптки. Предположим, что обе точки прошли одновременно через точку весеннего равноденствия; двигаясь с одинаковою скоростью, они одновременно к ней вернутся. Вот эта вторая воображаемая точка, движущаяся равномерно по экватору, и есть среднее солнце.

Нарисуем небесную сферу. Пусть  $P$  (рис. 73) будет северный полюс мира;  $EQ$  — небесный экватор;  $AB$  — эклиптика;  $S$  — центр Солнца, а  $M$  — среднее солнце. Проведем круги склонения через точки  $S$  и  $M$ ; они вообще не совпадут между собою. Прямое

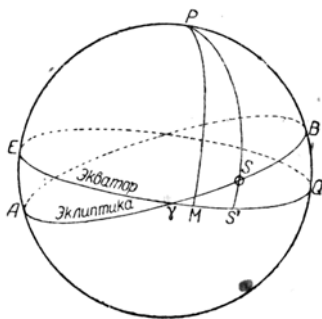


Рис. 73. Положения истинного и среднего Солнца.

восхождение центра истинного Солнца равно  $\gamma S'$ , а среднего —  $\gamma M$ ; разность между этими дугами или  $\gamma S' - \gamma M = C$ , называется у р а в н е н и е м в р е м е н и .

Когда центр истинного Солнца находится в меридиане данного места, наступает местный истинный полдень; в это мгновение может быть, что среднее солнце, например, уже прошло через меридиан; местный средний полдень уже миновал, и по местному среднему времени считается несколько минут после полудня, а именно — на величину уравнения времени. Ясно, что в это мгновение уравнение времени равно часовому углу среднего солнца в истинный полдень, или местному среднему времени в истинный полдень минус 12 часов.

Уравнение времени непрерывно изменяется; оно может быть положительным или отрицательным, т. е. средний полдень наступает или после истинного, или же до него; наибольшее его значение равно  $16^m 21^s$ . То же относится и к полуночи.

В астрономических календарях дается уравнение времени на каждый день. Как образец, мы помещаем здесь подобную таблицу для 1935 г. (табл. VII) и приводим пример, каким образом следует пользоваться. Заметим, что эта таблица приблизительно верна (до нескольких десятков секунд) и для других невисокосных лет.

**Пример.** Сколько должны показывать часы, идущие по местному среднему времени в Иркутске, в местный же истинный полдень 8 июля 1935 г.

Так как задача относится не к гринвичскому меридиану, для которого составлена таблица VII, то необходимо принять во внимание долготу Иркутска. Иркутск лежит на 6 ч. 57 м. к востоку от Гринвича; следовательно, полдень 8 июля в Иркутске наступает на 6 ч. 57 м. раньше, чем в Гринвиче, или на 5 ч. 3 м. после гринвичской полуночи с 7 на 8 июля, т. е. после 8 июля 0 ч. 0 м. по гринвичскому времени. Мы выписываем значения уравниения времени для полуночи 8 и 9 июля из таблицы VII и интерполируем его значение для 5,05 часа (= 5<sup>h</sup>3<sup>m</sup>) гринвичского времени 8 июля: Уравнение времени для гринвичской полуночи

$$\begin{array}{rcl}
 \text{для 8 июля} & . & . & . & + & 4^m & 41^s,3 \\
 \text{» 9 »} & . & . & . & + & 4^m & 50^s,9 \\
 \hline
 & & \text{разность} & = & + & 9^s,6 & \text{приходится на} \\
 & & \text{24 часа, а на 5,03 часа приходится:} \\
 & & 9^s \cdot 6 \cdot \frac{5,03}{24} = 2^s,0;
 \end{array}$$

следовательно, искомое уравнение времени будет

$$\begin{array}{r}
 4^m & 41^s,3 \\
 + & 2^s,0 \\
 \hline
 4^m & 43^s,3
 \end{array}$$

Итак, в местный истинный иркутский полдень средние часы должны показывать 12 ч. + 4 м. 43,3 с, или 12 ч. 4 м. 43,3 с.

Эта задача менее точно может быть решена и проще, в особенности, если местность по долготе не очень сильно отличается от Гринвича (часа на 2—3 или 4). В таком случае, пренебрегая влиянием разности долгот Гринвича и данной местности, берут прямо табличную величину уравниения времени (для Гринвича), т. е. в нашем примере 4 м. 41 с, и никакой поправки не вычисляют. Для европейской части СССР такая ошибка будет не больше 5—6 сек.

Долготы мест СССР даны часто в градусах, а для астрономических целей необходимо иметь долготы, выраженные во времени, причем 360° принимаются равными 24 часам, так что 1 час равняется 15°; поэтому для выражения градусной долготы во времени следует значение градусной долготы разделить на 15.

При разыскании звезд нередко приходится решать следующую задачу: по данному местному среднему времени найти соответствующее звездное.

Для решения этой задачи необходимо знать, во-первых, отношение между промежутками среднего и звездного времени и, во-вторых, то время, когда точка весеннего равноденствия была в кульминации. Вспомним, что звездное время есть часовой угол;

точки весеннего равноденствия, а местное среднее время есть часовой угол среднего солнца плюс 12 часов.

Нарисуем небесную сферу  $PEQ$  (рис. 73). Пусть полюс мира будет  $P$ , экватор —  $EQ$ . Положим, что  $PS'$  есть небесный меридиан места наблюдения. Среднее солнце находится в точке  $M$ , а точка весеннего равноденствия — в точке  $\gamma$ . Часовой угол точка весеннего равноденствия, измеряемый дугою экватора  $S'\gamma$  есть звездное время; часовой угол среднего солнца, т. е. дуга  $S'M$  есть среднее время минус 12 ч. Из построения видно

$$S'\gamma = S'M + \gamma M,$$

т. е. звездное время равно среднему без 12 часов, сложенному с дугою  $\gamma M$ . Но дуга  $\gamma M$  есть прямое восхождение среднего солнца; оно непрерывно увеличивается; в течение одного тропического года среднее солнце опишет окружность и вернется снова в точку весеннего равноденствия. Прямое восхождение среднего солнца ныне дается в астрономических ежегодниках на каждый день всего года для момента средней полуночи. Прямое восхождение среднего солнца для средней полуночи увеличенное на 12, называется также звездным временем в среднюю полночь. Эта именно величина — звездное время в среднюю полночь — и дается во всех астрономических ежегодниках на каждый день всего года. Мы даем подобную таблицу для средней гринвичской полночи на 1935 год (табл. VIII).

Величина  $\gamma M$ , как выше замечено, непрерывно изменяется; в сутки она изменяется на 4 минуты, точнее на величину

$$\frac{24^h}{365,2422} = 3^m 56^s,56$$

Для удобства вычислений мы даем здесь таблицу V пропорциональных изменений величины  $\gamma M$ . В первых столбцах каждого отделения помещены кратные от промежутка времени, в течение которого прямое восхождение среднего солнца изменяется на 0,1, а во вторых столбцах самые изменения.

Таблица V

Таблица для превращения среднего времени в звездное

0 ч	0м, 0	0 м ,0	6 ч	5 м ,3	1 м ,0	12 ч	10м,5	2,м	0	18 ч	15м ,7	3 м ,0
0	36 ,5	0 ,1	6	41 ,8	1 ,1	12	47 ,0	2	,1	18	52 ,3	3 ,1
1	13 ,0	0 ,2	7	18 ,3	1 ,2	13	23 ,5	2	,2	19	28 ,8	3 ,2
1	49 ,6	0 ,3	7	54 ,8	1 ,3	14	0 ,0	2	,3	20	5 ,3	3 ,3
2	26 ,1	0 ,4	8	31 ,3	1 ,4	14	36 ,6	2	,4	20	41 ,8	3 ,4
3	2 ,6	0 ,5	9	7 ,9	1 ,5	15	13 ,1	2	,5	21	18 ,4	3 ,5
3	39 ,2	0 ,6	9	44 ,4	1 ,6	15	49 ,6	2	,6	21	54 ,9	3 ,6
4	15 ,7	0 ,7	10	20 ,9	1 ,7	16	26 ,2	2	,7	22	31 ,4	3 ,7
4	52 ,2	0 ,8	10	57 ,4	1 ,8	17	2 ,7	2	,8	23	7 ,9	3 ,8
5	28 ,7	0 ,9	11	34 ,0	1 ,9	17	39 ,2	2	,9	23	44 ,5	3 ,9
6	5 ,3	1 ,0	12	10 ,5	2 ,0	18	15 ,7	3	,0	24	21 ,0	4 ,0



Поправка 2-го столбца прикладывается.

Поясним пользование таблицей примерами.

**П р и м е р 1.** Сколько считается по звездному времени в  $19^h 33^m,8$  среднего ленинградского времени 12 мая 1935 г.  
Данное среднее время  $19^h 33^m, 8$ .

Превращение этого промежутка в звездный по табл. V требует к предыдущей величине прибавить .....	$+3^m,2$
Промежуток, выраженный в звездном времени равный данному среднему (т. е. $19^h 33^m,8$ ) . . . . .	$19^h 37^m,0$
Звездное время в среднюю гринвичскую полночь 12 мая 1935 г.....	$15^h 15^m,3$
Изменение этой величины за долготу Ленинграда, равную 2 ч. 1 м. к востоку от Гринвича . . . . .	$— 00^m, 3$
Б итоге искомое звездное время в ленинградскую среднюю полночь .....	$34^h 52^m,0$ или $10^h 52^m,0$

Эта задача может быть решена иначе: данное время переводится на гринвичский меридиан и решается по тому же образцу для Гринвича, а затем переводится обратно на ленинградский меридиан.

При решении многих задач необходимо иметь в виду, что всякая звезда проходит через меридиан (в верхней кульминации) в звездное время, равное ее прямому восхождению. Действительно, если на рис. 73 звезда  $S$  находится в меридиане  $PSM$ , то дуга  $M_v$  есть часовой угол точки весеннего равноденствия или звездное время в этот момент; но та же дуга есть прямое восхождение звезды; следовательно, звездное время верхней кульминации всякой звезды равно ее прямому восхождению. Вследствие этого, решение вопроса, какие звезды кульминируют в данный час среднего времени, сводится к нахождению, по правилам первого примера, звездного времени, соответствующего данному среднему. Затем по звездному атласу находим те звезды, прямое восхождение которых или равно найденному звездному времени, или же отличается от него на 12 часов. Первые звезды будут находиться в верхней кульминации, а последние — в нижней.

**П р и м е р 2.** Определим звездное время для среднего времени  $23^h 57^m,0$  26 сентября 1935 г. в Ленинграде.

Данное среднее время.....	$= 23^h 57^m,0$
Поправка для перевода в звездное время (табл. V) .	$+ 3^h,9$
Звездное время в среднюю гринвичскую полночь 26 сентября 1935 г. (табл. VIII).....	$0^h 15^m,5$
Изменение за долготу ( $2^h 1^m$ .....	$0^m,3$
	$24^h 16^m,1$
иди	$0^h 16^m,1$

(Если в сумме получается более 24 часов, то время пишется за вычетом  $24^h$ ).

Раскрывая звездную карту или каталог звезд, мы находим все звезды, проходящие через меридиан в это время:

1. В верхней кульминации несколько к востоку от меридиана:  $\beta$  и  $\gamma$  Андромеды и  $\alpha$  Кассиопеи, к западу от него —  $\beta$  Пегаса.

2. В нижней кульминации: звезды Большой Медведицы и Дракона.

Пр и м е р 3. Чему равно звездное время в  $5^h 3^m.9$  по местному среднему саратовскому времени 26 июля 1935 г.? Долгота Саратова равна  $3^h 5^m$ .

Задачу эту, как и предыдущую, можно решить двояким образом:

1) перевести данное время на гринвичский меридиан и решить как для Гринвича, и затем перейти на саратовский меридиан и

2) перевести таблицу VIII на саратовский меридиан и решить задачу как для Гринвича.

#### Первое решение

Данное саратовское среднее время .....	$5^h 3^m.9$
За вычетом восточной долготы Саратова .....	$-3^h 5^m.0$

Соответствующее среднее гринвичское время . . . .	$1^h 58^m.9$
Поправка для перевода этого промежутка в звездный.	$0^m.3$

Промежуток от гринвичской полуночи до данного

момента в звездном времени .....	$1^h 59^m.2$
Звездное время в гринвичскую полночь 26 июля 1935 г.	$20^h 11^m.1$

Звездное гринвичское время в данный момент . . .	$22^h 10^m.3$
--	---------------

Придать долготу Саратова .....	$3^h 5^m.0$
--------------------------------	-------------

Искомое звездное время . .	$2^h$
----------------------------	-------

Итак, искомое звездное время . . . .	$1^h 15^m.3$
--------------------------------------	--------------

#### Второе решение

Данное саратовское среднее время .....	$5^h 3^m.9$
(Это время есть промежуток, протекший от средней полуночи, выраженный в среднем времени.)	

Поправка на звездное время .....	$0^m.8$
----------------------------------	---------

Тот же промежуток в звездном времени .....	$5^h 4^m.7$
--	-------------

Звездное время в гринвичскую полночь .....	$20^h 11^m.1$
--	---------------

Поправка на долготу Саратова (табл. V) .....	$-0^m.5$
--	----------

Звездное время в саратовскую полночь: .....	$20^h 10^m.6$
---	---------------

Придать промежуток в звездном времени .....	$5^h 4^m.7$
---	-------------

Искомое звездное время . .	$25^h 15^m.3$
----------------------------	---------------

или	$1^h 15^m.3$
-----	--------------

Получился тот же результат, что и в первом решении.

В этих примерах опять-таки можно было не учитывать различие между звездным временем в гринвичскую и в саратовскую полночь, если большой точности при расчетах не требуется.

Например, во втором из приведенных решений этой задачи поправкой за долготу Саратова (оказавшейся равной 0м, 5) можно было бы пренебречь и не вычислять ее совсем. Еще легче, но еще грубее будет пренебрежение поправкой для перевода интервала среднего времени в интервал звездного времени (или наоборот). Самое грубое, но быстрое решение было бы таково:

Звездное время в гринвичскую полночь, принимаемое	
равным таковому в саратовскую полночь . . . . .	20 <sup>ч</sup> 11 <sup>м</sup>
От полуночи до данного момента протекло . . . . .	5 <sup>ч</sup> 4 <sup>м</sup>
Звездное время в 5 <sup>ч</sup> 4 <sup>м</sup> саратовского времени . . . . .	25 <sup>ч</sup> 15 <sup>м</sup>
	или 1 <sup>ч</sup> 15 <sup>м</sup>

В других случаях ошибка при таких грубых вычислениях может достигнуть 4 минут.

Может встретиться и обратная задача: по данному звездному времени найти соответствующее местное среднее. Задача эта может встретиться в следующем случае: наблюдаемое небесное явление произошло в то время, когда некоторая известная блестящая звезда была в меридиане. Помня, что звездное время кульминации некоторой звезды равно ее прямому восхождению, мы разыскиваем по звездному каталогу или звездному атласу прямое восхождение кульминировавшей звезды и, таким образом, узнаем звездное время наблюдаемого явления. Для того, чтобы узнать соответствующее местное среднее время, необходимо превратить звездное время в среднее.

Вспомним формулу, данную на стр. 227

где:

$$S'\gamma = S'M + \gamma M,$$

$S'\gamma = S$  есть звездное время;

$S'M$ — есть часовой угол среднего солнца, т. е. среднее время ( $t$ ), уменьшенное на 12<sup>ч</sup>;

$\gamma M = \alpha$  есть прямое восхождение среднего солнца в данный момент.

Так как в астрономических таблицах дается звездное время или прямое восхождение среднего солнца в среднюю полночь, что мы назовем  $\alpha_0$ , то можно написать:

$$\alpha = \alpha_0 + \mu t,$$

где  $\mu$  есть изменение  $\alpha_0$  в единицу времени; оно дано в таблице V. Подставив в рассматриваемую формулу вместо дуг  $S'\gamma$ ,  $S'M$  и  $\gamma M$  их значения, мы получим:

$$S = t + \alpha_0 + \mu t = \alpha_0 + t(1 + \mu).$$

Это уравнение, служащее для определения звездного времени по данному среднему  $t$ , послужит также и для решения обратной

задачи, а именно — для определения среднего времени  $t$  по данному звездному  $S$ . Мы выводим из предыдущего

$$t = \frac{S - \alpha_0}{1 + \mu}.$$

Вторая часть может быть представлена в следующем виде:

$$\frac{S - \alpha_0}{1 + \mu} = (S - \alpha_0) \frac{1}{1 + \mu} = (S - \alpha_0) (1 - \nu) = (S - \alpha_0) - (S - \alpha_0) \nu$$

где  $1 - \nu = \frac{1}{1 + \mu}$  и  $\nu = \frac{\mu}{1 + \mu}.$

Произведение  $(S - \alpha_0) \nu$  для различных значений  $S$  — дано в следующей таблице VI.

Если  $\alpha_0$  больше  $S$ , то к  $S$  прибавляется 24 часа.

Таблица VI  
Таблица для превращения звездного времени в среднее  
(поправка вычитается)

ч.	м.	м.	ч.	м.	м.	ч.	м.	м.	ч.	м.	м.
0	0,0	0,0	6	6,3	1,0	12	12,5	2,0	18	18,7	3,0
0	36,6	0,1	6	42,9	1,1	12	49,1	2,1	18	55,4	3,1
1	13,3	0,2	7	19,5	1,2	13	25,7	2,2	19	32,0	3,2
1	49,9	0,3	7	56,1	1,3	14	2,3	2,3	20	8,6	3,3
2	26,5	0,4	8	32,7	1,4	14	39,0	2,4	20	45,2	3,4
3	3,1	0,5	9	9,4	1,5	15	15,6	2,5	21	21,9	3,5
3	39,8	0,6	9	46,0	1,6	15	52,2	2,6	21	58,5	3,6
4	16,4	0,7	10	22,6	1,7	16	28,9	2,7	22	35,1	3,7
4	53,0	0,8	10	59,2	1,8	17	5,5	2,8	23	11,7	3,8
5	29,6	0,9	11	35,9	1,9	17	42,1	2,9	23	48,4	3,9
6	6,3	1,0	12	12,5	2,0	18	18,7	3,0	24	25,0	4,0

Поясним примерами правила для превращения звездного времени в среднее

**Пример 1.** Какое среднее время будет 25 апреля 1935 г. в  $11^{\text{ч}} 58^{\text{м}},7$  гринвичского звездного времени?  
Из таблицы VIII мы выписываем  $\alpha_0$  для 25 апреля и вычитаем его из данного звездного времени  $S$ :

$$S = 11^{\text{ч}} 58^{\text{м}},7 (+24^{\text{ч}})$$

$$\alpha_0 = 14^{\text{ч}} 8^{\text{м}},3$$

$$S - \alpha_0 = 21^{\text{ч}} 50^{\text{м}},4$$

$$- (S - \alpha_0) \nu = - 3^{\text{м}},6 \text{ (по таблице VI).}$$

Искомое среднее

$$\text{время } t = 21^{\text{ч}} 46^{\text{м}},8.$$

**Пример 2.** Какое среднее время будет 24 августа 1935 г. в  $12^{\text{ч}} 3^{\text{м}},9$  владивостокского звездного времени?

Владивосток лежит на  $8^{\text{ч}} 47^{\text{м}},5$  к востоку от Гринвича, поэтому, когда во Владивостоке  $12^{\text{ч}} 3^{\text{м}},9$ , в Гринвиче на  $8^{\text{ч}} 47^{\text{м}},5$  меньше, именно:

$$\begin{aligned} & 12^{\text{ч}} 3^{\text{м}},9 \\ & - 8^{\text{ч}} 47^{\text{м}},5 \\ & S = 3^{\text{ч}} 16^{\text{м}},4 \end{aligned}$$

Затем по таблице VIII находим  $\alpha_0$  для 24 августа и вычитаем его из  $S$ :

$$\begin{aligned} S &= 3^{\text{ч}} 16^{\text{м}},4 (+ 24^{\text{ч}}) \\ \alpha_0 &= 22^{\text{ч}} 5,4 \\ S - \alpha_0 &= 5^{\text{ч}} 11^{\text{м}},0 \\ - v(S - \alpha_0) &= - 0,9 \text{ (по таблице VI)} \\ \text{Гринвичское среднее время} &= 5^{\text{ч}} 10^{\text{м}},1 \\ + \text{долгота Владивостока} &= + 8^{\text{ч}} 47^{\text{м}},5 \\ \text{Владивостокское среднее} & \\ \text{время} &= 13^{\text{ч}} 57^{\text{м}},6 \end{aligned}$$

В заключение я замечу следующее: в астрономических календарях ежегодно даются все данные для решения обеих задач о переводе времени, как среднего в звездное, так и звездного в среднее; в случае отсутствия астрономического ежегодника на данный год, для этого можно воспользоваться моими «Математическими и астрономическими таблицами» (издание Академии наук).

## 2. ПОЯСНОЕ ВРЕМЯ

В каждом месте, в каждом городе, в прежнее время считалось местное время, которого и придерживались жители. Например, до революции в С.-Петербурге считалось петербургское время, в Москве — московское время, в Тифлисе — тифлисское время и т.д. Подобный порядок счета времени вызывал большие неудобства. Например, на железных дорогах в г. Петербурге часы шли по петербургскому времени, в Москве по московскому времени. Пассажир, приехавший в Москву с часами идущими по петербургскому времени удивлялся, что в Москве считают на 28 минут больше, чем показывают его часы. С другой стороны, москвичи, приезжавшие в Петербург, замечали, что здесь часы идут на 28 минут вперед, чем в Москве. Для устранения этого неудобства хотя бы отчасти, на станции в Москве часы имели две стрелки; одни поставлены по московскому времени, другие по-петербургскому, но это мало помогло, неудобства все-таки оставались. Эти неудобства были особенно чувствительны в странах с большим развитием железных дорог. Например, в Соединенных Штатах Америки с одной станции выходят пять линий, и явилась

необходимость иметь пять железнодорожных показателей времени. На берегу Констанцкого озера пришлось иметь пять различных средних времен по числу пяти государств, владевших его берегами: Швейцарии, б. герцогства Баденского и Вюртембергского, Баварии и Австрии. Путешественнику не разобраться, по каким часам поставить стрелки своих часов, так как он не может просто определить, к какому государству принадлежат берега озера в данный момент. Большие неудобства возникают также на телеграфе; например, телеграмма может быть послана из Казани 1 июня в 7 ч. 20 м. утра, и получена в Вашингтоне 31 мая в 9 ч. 15 м. времени, т. е. как будто бы раньше чем телеграмма была отправлена. Неудобство существовавшего ранее учета времени ощущалось очень сильно.

Инженер канадской железной дороги С. Флеминг составил новый проект учета времени и предложил его правительству Соединенных Штатов Америки. Одновременно он опубликовал в печати свой проект нового способа всеобщего исчисления времени. Это было в 1879 г. Проект Флеминга высказывался и раньше, но к 1879 г. необходимость в новом счете времени настоятельно требовалась.

Предлагаемый Флемингом проект заключался в следующем: вся поверхность земного шара условно делилась равностоящими меридианами на 24 пояса. Меридианы отстоят друг от друга на  $15^\circ$ , считая по экватору, или на 1 час. В каждом поясе проводится также срединный или центральный меридиан, отстоящий от крайних меридианов на  $7\frac{1}{2}^\circ$ ; они отстоят друг от друга также на  $15^\circ$  или на 1 час по долготе. В каждом поясе местное среднее время центрального меридиана принимается обязательным для всех мест пояса, лежащих к востоку или к западу на  $7\frac{1}{2}^\circ$  от центрального меридиана. Таким образом — и это самое главное в проекте Флеминга — в соседних поясах ограниченное двумя меридианами время будет отличаться ровно на один час, а минуты и секунды будут одинаковы. Если бы во всех 24 воображаемых поясах были часы, идущие идеально правильно и если бы была возможность с некоторой точки, например из Москвы, видеть показания их стрелок, то в каждое мгновение показания минут и секунд были бы одинаковы и только часовые стрелки показывали бы часы, различающиеся на целое число. Считая на восток от Москвы, показания часовых стрелок увеличивались бы на час в каждом новом поясе, а считая на запад, уменьшались бы на 1 час. На двенадцатом поясе их показания сомкнулись бы на 12 часах. Если мы производим наблюдения в полдень некоторого дня, то, идя на запад, на двенадцатом поясе считалось бы полночь или ноль часов того же дня, т. е. полночь или начало суток, а идя мысленно по поясам на восток, мы дойдем до 24 часов или до конца суток, который считается одновременно и началом следующих суток. Через 12-й пояс проходит линия смены суток. В каждом поясе счет времени отличается от соседнего на

целый час, а число минут и секунд, как выше сказано, одно и то же не только в соседних, но и во всех поясах. За центральный меридиан нулевого пояса принимается, согласно международному постановлению, меридиан главного, так называемого пассажного инструмента Гринвичской обсерватории. Долгота его, считаемая ноль градусов, является начальной для всего мира.

местах, лежащих к востоку или западу от Гринвича, вместо своего местного времени, вводится поясное, которое или равно гринвичскому, если место лежит в среднем поясе, в котором лежит Гринвич или же отличается от него на несколько целых часов.

При путешествии, например, из Ленинграда во Владивосток перестановка стрелок часов по местному времени сводится только к переводу часовой стрелки на больший номер в зависимости от номера пояса, в который вступил путешественник. При движении на запад придется переводить стрелку часов на меньшие номера.

От описанного Флемингом распределения поясов времени пришлось на деле отступить в некоторых местах. Например, Ирландия выступает в двадцать четвертый пояс: для устранения неудобства, западная граница нулевого пояса изогнута к западу, и таким образом вся Великобритания лежит в нулевом поясе. Норвегия расположена по меридиональному направлению, но вся она не укладывается в первом поясе: юго-западная береговая полоса выступает в нулевой пояс, а северо-восточная во второй пояс. В целях однообразия учета времени во всей Норвегии, западная граница выгнута в нулевой пояс, а северо-восточная — во второй пояс; таким образом вся Норвегия заключена в первый пояс. Еще приведу пример: восточный меридиан второго пояса пересекает как раз Москву, так что западная часть города лежит во втором поясе, а восточная в третьем, что, конечно, крайне неудобно. Для устранения этого неудобства восточная граница изогнута более к востоку, и вследствие этого все москвичи имеют однообразный учет времени второго пояса. Та же граница изогнута к востоку для обхода Кольского полуострова, на котором считается ленинградское время второго пояса. Так же точно Португалия оказалась пересеченною западным меридианом нулевого пояса. Вследствие этого граница перенесена на запад, и потому во всей Португалии учет времени тот же самый, что и в Испании; это, конечно, удобно как для внутреннего, так и для внешних сношений.

В прилагаемом в конце книги списке городов и мест Союза ССР даны: 1) пояс данного места, 2) восточная долгота, выраженная во времени, и в 3) поправка к местному времени для получения поясного времени.

### 3. ДЕКРЕТНОЕ ВРЕМЯ

Жизнь в больших городах начинается и кончается сравнительно поздно, и потому по вечерам происходит трата электри-

ческой энергии на освещение. Ее можно экономить, если раньше начинать дневную жизнь и соответственно раньше ее кончать. Для этой цели у нас и во многих странах Европы все часы в летнее время переводились на час вперед.

В 1930 г., по постановлению Совнаркома, часы по всему Советскому Союзу были, впредь до особого распоряжения, переведены на час вперед. Таким образом, в каждом часовом поясе в СССР считается не то время, какое вытекало бы из непосредственного применения системы поясного счета времени, а время соседнего к востоку часового пояса: например, в Москве и Ленинграде, находящихся во втором часовом поясе (от Гринвича), считают время по третьему поясу, и именно это время и передается по радио.

Мы видим, что проблема счета времени довольно сложна, тем более, что в каждой данной местности из астрономических наблюдений можно определить только звездное местное, либо местное истинное время. Поясное или декретное правильное время астрономам приходится находить уже путем вычислений, а в нем нуждается вся наша страна.

В заключение еще раз перечислим способы счета времени и правило перевода одного из них в другое.

Звездное местное время есть часовой угол точки весеннего равноденствия.

Истинное местное солнечное время есть часовой угол истинного Солнца плюс 12 часов.

Среднее местное солнечное время есть часовой угол воображаемого среднего солнца плюс 12 часов. Это время равно истинному солнечному времени в тот же момент плюс уравнение времени.

Поясное время есть среднее местное гринвичское время, увеличенное на номер часового пояса, в котором находится данная местность. Оно равно также среднему местному времени плюс разность номера часового пояса и долготы местности.

Декретное время равно поясному времени для данной местности плюс один час.

Очевидно, наиболее сложен переход от звездного времени к любому другому и обратно. Переводы среднего местного солнечного времени в поясное или декретное и обратно не представляют затруднений.

Если говорят или пишут просто о звездном, истинном или среднем времени без других прилагательных, то при этом всегда понимают местное звездное, местное истинное и местное среднее время.

#### 4. РАДИО СИГНАЛЫ ТОЧНОГО ВРЕМЕНИ

В конце прошлого столетия знаменитый русский физик Александр Степанович Попов, будучи преподавателем физики в Крон-



штадтском техническом училище, изобрел передачу электрических сигналов без проводов, что произвело большой переворот в технической физике. Открытие это было тотчас же подхвачено в Западной Европе, и итальянский физик Маркони усовершенствовал передачу. Совершенствование это продолжается и до настоящего времени. Сначала передавали звуковые сигналы, пользуясь системой Морзе, а теперь радиотелеграммы печатаются, как на электрическом телеграфе. В настоящее время многие астрономические учреждения через широкоэвещательные телефонные радиостанции в определенные часы дают по всему Союзу сигналы точного времени. Для этой цели в обсерваториях построены павильоны с астрономическими инструментами для точнейшего определения времени (поправка часов) и лаборатория для хранения времени и передачи сигналов по проводам на радиостанцию. Время сохраняется так называемыми нормальными часами с маятником, установленными в подвале, где температура изменяется в течение года в ограниченных пределах. В течение круглого года, от знойных летних дней до суровых морозов зимы, температура колеблется только в пределах  $2-3^{\circ}$ , не более. Мало того, часы находятся под стеклянным колпаком герметически закупоренными; давление под колпаком почти не нарушается. Эти предосторожности поддерживают правильность хода часов.

С часами, сохраняющими время, обращаются очень бережно. Рука человеческая, пока все в порядке, не прикасается к часам. Они заводятся автоматически — электричеством. Посетителей в помещение, где находятся нормальные часы, не допускают.

Нормальные часы Всесоюзного института мер и весов (ВИМС) дающего по радио сигналы точного времени через ленинградские радиостанции, вышли из мастерской Рифлера и имеют номер 67, обозначаются R67. Это главный хранитель времени. Маятник его сделан из инвара, — металла, не изменяющего своей длины от изменения температуры.

Часы R67 прекрасной работы. За сутки их показание отклоняется от правильного всего на 0,003 секунды. Лучшими часами в Европе считаются часы Гамбургской обсерватории R223, имеющие суточные отклонения от верного времени на  $\pm 0,002$  секунды; затем на втором месте стоят часы ВИМС R67 в Ленинграде, с суточным колебанием  $\pm 0,003$  секунды, и на третьем месте — часы Мюнхенской обсерватории с суточным колебанием  $\pm 0,004$  секунды.

Я остановился для примера на подробном описании хранения времени часами R67. Осенью, когда наступает дождливое время и зимою бывают периоды, что небо остается покрытым облаками в течение двух или даже трех недель, и в это время показания; нормальных часов не могут быть проверены по звездам. Если хранитель времени не обладает отличными качествами, то че-

рез неделю его показание отклонится на секунду или более; поэтому ни в каком случае нельзя доверять хранению времени одним часам, а необходимо доверять его двум или более часам, и каждые должны обладать отличными качествами. Тогда можно быть более спокойными, что за две и даже за три недели пасмурной погоды их показания не будут на много отличаться от верного времени. Лучшие из всех остальных часов называются заместителями главных часов R 67.

Три раза в день — в 12, 19 и 24 (0) часа — радиостанция включает эти часы в свою сеть и дает проверку времени: «Проверяйте ваши часы по часам ВИМС, — говорит станция, — вы услышите два длинных и один короткий сигналы; с последним коротким сигналом будет ровно 12 часов (или 19, или 24) 0 минут и 0 секунд, по времени третьего пояса. Включают часы ВИМО. И ровно в 12 часов, а также в 19 и 24 часа часы ВИМО громко и отчетливо дают свои три звуковые сигнала, и они по радио принимаются всюду, где только слышна ленинградская радиостанция. Легче, однако, принимать такие же точно сигналы времени, подаваемые в 12 и в 18 часов Астрономическим институтом им. Штернберга в Москве, через такие мощные радиостанции, как станция им. Коминтерна.

Принимая по радио на слух сигналы точного времени (имеющие точность 0,1 секунды), надо внимательно смотреть на свои часы и в момент сигнала отметить показание своих часов — сперва секунды, потом минуты и час. Разность часа подачи сигнала по радио и показания часов в этот момент называется поправкой часов. Тому, кто хочет знать точное время, незачем переставлять всякий раз стрелки своих часов. Придавая всякий раз к показанию своих часов эту поправку, которая будет положительна, если часы отстают, и отрицательна, если часы спешат, он может знать правильное время с точностью до долей секунды.

Изменение поправки часов за одни сутки с его знаком называется суточным ходом часов и характеризует их качество или качество их регулировки. У хорошо отрегулированных часов суточный ход мал и постоянен по величине. Важно изучить ход своих часов, записывая ежедневно их поправку, и отрегулировать их так, чтобы суточный ход был мал.

Радиосигналы являются величайшим достижением современной электротехники. Где бы ни находился любитель астрономии но если у него есть антенна и радиоприемник, он может поставить свои часы по точному времени, получив сигналы времени по радио, и при таких условиях ему не обязательно самому определять поправку своих часов, о чем будет рассказано в следующей главе.

Для специальных научных и производственных целей астрономические обсерватории дают особые, так называемые ритмические сигналы времени, точные до 0,01 секунды. Они подаются коротковолновыми и длинноволновыми телеграфными радиостанциями, как, например, Ходынской радиостанцией.

В моей книге «Математические и астрономические таблицы» (издание Академии наук СССР 1932 г.) в конце ее находится глава «Ритмические сигналы», составленная астрономом А. М. Гижицким. Ритмические сигналы выходят за пределы программы настоящей книги, и потому мы на них не останавливаемся. Укажу только научно — популярную литературу.

1. Е. Л. Белокос. Новый счет времени в течение суток, введенный декретом Совета Народных Комиссаров для всей России с 1 июля 1919 г. (изд. второе междудементальной комиссии. Ленинград, 1929 г.).

2. В. А. Россовская. Время и его измерение. Государственное издательство. Издат. Стандартиз. и Рационализации. Ленинград, 1933 г.

3. М. А. Смирнова. Служба точного времени. Издание серии Рабочая школьная библиотека ГИЗ, 1928 г.

## 5. СОЛНЕЧНОЕ КОЛЬЦО

### (Простейший прибор для точного определения времени)

Всякий любитель астрономии должен иметь хорошо выверенные часы и знать их поправку, т. е. число минут и секунд, на которые они идут вперед или отстают от среднего времени.

Величина, определяющая, на сколько часы отстают или идут вперед против среднего солнечного времени, получается из непосредственных наблюдений над звездами или Солнцем. Звездами пользуются специалисты-астрономы; не для них составлена настоящая книга: она написана для любителей астрономии; последние пользуются иногда солнечными часами. Но солнечные часы, как бы точно ни были установлены, могут показать время с точностью только до трех минут и в редких случаях — до одной минуты; кроме того, необходимо постоянно особыми, довольно сложными наблюдениями выверять положение солнечных часов, иначе они не могут удовлетворить самым скромным научным требованиям. Как ни просто кажется определение времени по солнечным часам, на деле оно оказывается довольно сложным и мало точным. Для проверки солнечных часов надо хорошо знать время, т. е. определять его помимо солнечных часов.

Проверка часов по радио теперь вполне всем доступна, но бывает, что радио воспользоваться почему-либо нельзя. Кроме того, самостоятельное определение поправки часов очень интересно и полезно для любителя, так как помогает ему постигнуть принципы, на которых основываются астрономы, определяющие точное время и передающие его, по радио.

Знаменитый астроном Бонского университета Ф. В. Аргеландер (1799—1875) заботился о привлечении неспециалистов к производству астрономических наблюдений без особых, дорогостоящих инструментов. Он предложил построить весьма простой,

но очень остроумный прибор для получения поправки часов с точностью до нескольких секунд; это просто деревянный треугольник с отверстием в одной из его вершин или с диафрагмой, приспособленной сбоку (рис. 74).

В 1873 г. я построил подобный прибор и нашел его весьма, удобным для наблюдения; с тех пор я пользовался им и рекомендовал его знакомым.

Первое описание солнечного треугольника напечатано мною в «Известиях Русского астрономического общества» за 1902 г..

Прибор состоит из деревянного равностороннего треугольника, подвешенного за середину одной стороны; к противоположной вершине треугольника прикреплен груз, которым он и удерживается постоянно в одном и том же положении; груз служит автоматической выверкой инструмента, чего нельзя сделать в солнечных часах; в этом и заключается одно из важных преимуществ описанного прибора перед солнечными часами. Затем к одной из боковых вершин треугольника прикреплена медная пластинка с круглым отверстием, через которое проходят лучи Солнца.

В 1904 г. я переделал солнечный треугольник на солнечное кольцо с целью иметь возможность определять не только поправку часов,

но и географическую широту; оно состоит из цилиндрического металлического кольца, подвешенного на откидной подставке (рис. 75). Размеры кольца, как и треугольника, произвольны; наше кольцо имеет следующие размеры: наружный диаметр 11,4, внутренний — 9,9 и ширина 1,6 см. Кольцо висит свободно и, вследствие силы тяжести, постоянно удерживается отвесно в одном и том же положении относительно горизонта.

Солнечное кольцо описано мною в вып. XI «Известий Русского астрономического общества» и в отдельной брошюре, напечатанной в 1906 г., второе издание которой продается в Горьковском отделении Всесоюзного Астрономо-геодезич. общества.

Вращением подставки треугольник или солнечное кольцо устанавливаются таким образом, чтобы лучи Солнца, пройдя через описанное выше отверстие, упали на внутреннюю поверх-

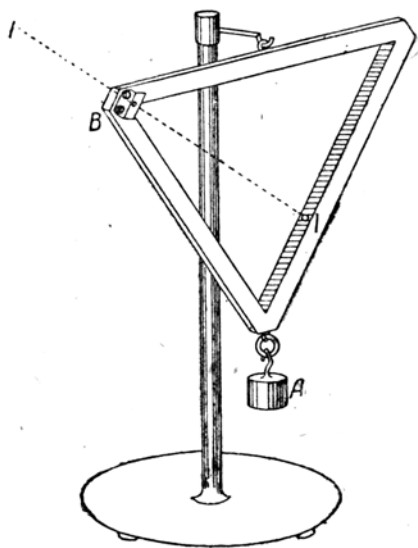


Рис. 74. Солнечный треугольник.

ность противоположной стороны прибора, на которой нанесены нумерованные деления в произвольном масштабе; на этой поверхности, или на так называемой шкале, получается круглое изображение Солнца. До полудня, когда Солнце поднимается над горизонтом, изображение Солнца на шкале (солнечный кружок) опускается, а после полудня, когда Солнце опускается, кружок поднимается.

Наблюдения состоят в следующем: до полудня — часов в 8,9 или 10, но не позднее 11 (наблюдения около 11 часов, как

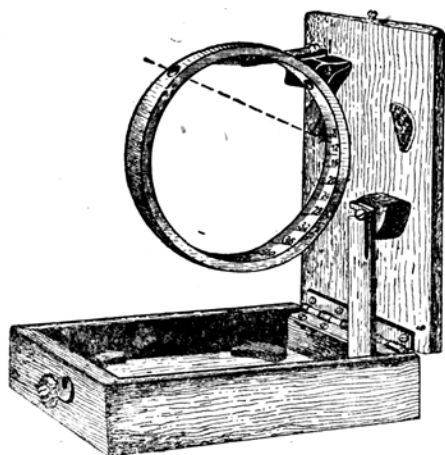


Рис. 75. Солнечное кольцо профессора С. П. Глазенапа.

очень близкие к полудню, не годятся для определения точной поправки часов) — замечается по часам время: 1) когда солнечный кружок делится пополам одним из штрихов; наблюдение обозначается номером соответственного штриха, например: 23, 24 и т. д.; 2) когда солнечный кружок охватывает два штриха шкалы; при этом центр кружка лежит посередине между двумя штрихами; наблюдение обозначается номером младшего

штриха с прибавлением половины; например: 23,5, 24,5 и т. д.

Подобные же наблюдения для тех же штрихов и тех же положений солнечного кружка производятся после полудня. Вот и все наблюдение; оно очень просто.

Когда, наблюдения произведены, можно ими воспользоваться для получения или приближенной поправки, или же точной. Приближенная поправка может дать ошибку в 30—40 секунд, точная же — в 1—2 секунды. Мы изложим здесь оба способа вычисления и приведем примеры.

1. Определение приближенной поправки часов из наблюдений солнечным кольцом.

Всякая точка небесного свода, вследствие видимого суточного его движения, описывает в течение суток малый круг, симметрично расположенный относительно меридиана места. Зная это, мы заключаем, что если некоторая точка была наблюдаема до и после меридиана на равных высотах, то она находилась в равных часовых углах от меридиана; то же самое относилось бы и к центру Солнца, если бы оно оставалось неподвижным на небесной сфере; от данной высоты на востоке оно прошло бы до

меридиана в такой же промежуток времени, как от меридиана до той же высоты на западе. Но Солнце перемещается по небесной сфере, и в действительности не будет равенства обоих часовых углов — восточного и западного. Отличие будет весьма незначительное, которым мы на время пренебрежем. При таких ограничениях, очевидно, полусумма времен наблюдений Солнца на равных высотах до и после полудня равна моменту истинного полудня.

Например, 15 марта 1935 г. по новому стилю в Ленинграде Солнце наблюдалось солнечным кольцом на равных высотах до и после полудня в следующие моменты:

№ штриха  
на шкале

24—до полудня в . . . . 9<sup>ч</sup> 55<sup>м</sup> 26<sup>с</sup>  
24 — после полудня в . . . 16 18 40

Истинный полдень

(полусумма) . . 13<sup>ч</sup> 7<sup>м</sup> 3<sup>с</sup> по часам.

Для получения поправки часов истинный полдень по часам должен быть сравнен со средним местным временем в истинный полдень, которое можно получить, пользуясь астрономическим календарём на каждый день круглого года. Среднее время в истинную полночь называется «уравнением времени»; оно дано в таблице VII на все дни 1935 г.; из нее мы выписываем значение среднего времени в истинную полночь 15 марта 1935 г. и вычисляем путем интерполирования уравнение времени для истинного полудня, а после этого определяем поправку часов.

Уравнение времени в средний истинный полдень в Ленинграде вычисляется так, как изложено на стр. 226. Сначала вычисляется уравнение времени для среднего гринвичского полудня 15 марта, а затем для ленинградского, которое наступает на 2 ч. 1 м. раньше гринвичского полудня.

Мы получим:

Уравнение времени на 15 марта гринвичской полуночи по календарю .....	9 <sup>м</sup> 23 <sup>с</sup> , 8
Изменение на 12 часов.....	8,3
Уравнение времени в ср. гринвичский полдень . . .	9 32,1
Изменение на 2 ч. 1 м. . . . .	1,4
Уравнение времени в местный средний ленинградский полдень .....	9 <sup>м</sup> 33,5
Среднее время в местный истинный полдень 15 марта в Ленинграде.....	12 <sup>ч</sup> 9 <sup>м</sup> 33 <sup>с</sup> ,5
Наблюдаемый истинный полдень по часам.....	13 <sup>ч</sup> 7 <sup>м</sup> 3

Поправка часов на среднее

местное время ..... — 57<sup>м</sup> 29<sup>с</sup>

Полученная разность и называется поправкой часов; так как часы идут вперед, то поправку следует придать к показанию

часов, а потому перед нею поставлен знак —; если бы часы отставали, то перед поправкою был бы знак +.

2. **О п р е д е л е н и е   т о ч н о й   п о п р а в к и   ч а с о в   и з   н а б л ю д е н и й   с о л н е ч н ы м   к о л ь ц о м .** Солнце перемещается по небесной сфере: весной и летом оно находится в северном полушарии, а осенью и зимой — в южном; вследствие этого полусумма времен наблюдений Солнца на равных высотах до и после полудня отличается от истинного полудня; она называется «неисправленным полуднем». Неисправленный полдень мало отличается от истинного. Для получения момента истинного полудня по наблюдаемому неисправленному, необходимо к последнему придать некоторую поправку, зависящую от скорости видимого движения Солнца, которое изменяется в течение года, затем — от географической широты наблюдателя и, наконец, от промежутка времени, протекшего от наблюдения Солнца на востоке до наблюдения его на западе. Поправка эта, данная впервые Гаусом, вычисляется очень просто и имеет весьма изящный вид, а именно:

$$\Delta M = - A \theta \operatorname{tg} \varphi + B \theta \operatorname{tg} \delta.$$

Величины  $A$  и  $B$  зависят от времени, протекшего между наблюдениями до и после полудня; они имеют следующее значение:

$$A = t / 15 \sin t; \quad B = t / 15 \operatorname{tg} t$$

где  $t$  есть полупромежуток времени между наблюдениями Солнца на равных высотах. При этом  $t$  с помощью соотношения  $1^\circ = 15'$  и т. д. следует перевести в дуговые меры.

Величина  $\theta$  означает часовое изменение склонения центра Солнца для местного истинного полудня,  $\varphi$  есть географическая широта места наблюдения, а  $\delta$  — склонение центра Солнца в местный же истинный полдень.

Величины поправок  $\Delta M$  даны в моей брошюре «Солнечное кольцо» и в моих Математических и астрономических таблицах, табл. XII, ч. 2, стр. 142—143, изд. Академии наук, Ленинград. 1932 г. и, наконец, в постоянной части Астрономического календаря, изданном в г. Горьком.

Для удобства любителей астрономии в моих Математических и астрономических таблицах, стр. 144 (табл. XIII), дана таблица величин  $\Delta M$  на весь год через каждые 10 дней для различных широт, начиная от  $38^\circ$  до  $62^\circ$  северной географической широты. По этой таблице каждый наблюдатель может составить себе таблицу значений  $\Delta$  для той широты, под которой он производит наблюдения. Пользование этой таблицей не требует никаких логарифмических вычислений: расчеты ограничиваются простыми арифметическими действиями. Такие же таблицы опубликованы и в остальных изданиях упомянутых выше.

Я приведу пример. В окрестностях Ленинграда я определял поправку часов солнечным кольцом 5 июля 1935 г. и получил следующие моменты:

№ штриха	Времена наблюдений				Полусумма или неисправленный полдень
	до полудня		после полудня		
33,5	8 <sup>ч</sup> 51 <sup>м</sup>	34 <sup>с</sup> 0	17 <sup>ч</sup> 12 <sup>м</sup>	8 <sup>ч</sup> 0 <sup>м</sup>	13 <sup>ч</sup> 1 <sup>м</sup> 51 <sup>с</sup> ,0
34	— 53	56,4	— 9	45,2	— — 50,8
34,5	— 56	18,4	— 7	26,0	— — 52,2
35	— 58	36,0	— 5	7,2	— — 51,6
35,5	9 0	48,4	— 2	51,6	— — 50,0
36	— 3	18,0	17 0	26,8	— — 52,4
36,5	— 5	30,8	16 58	4,8	— — 47,8
37	— 7	50,0	— 55	40,0	— — 45,0
37,5	9 10	21,2	16 53	20,8	— — 51,0

Среднее:  $T_1 = 9^ч 0^м 58^с$ ;  $T_2 = 17^ч 2^м 44^с$ ;

$T_0 = 13^ч 1^м 50^с,2$

Моменты наблюдений замечались по карманному хронометру, отбивающему 0,4 секунды; вот почему моменты отмечены с этой точностью.

К полученному моменту неисправленного полудня следует прибавить поправку  $\Delta M$ , значение которой или вычисляется по приведенной выше формуле или же заимствуется из упомянутой таблицы.

Мы приведем пример полного вычисления поправки для данного дня.

Из средних моментов наблюдений мы имеем:

$$2 t = T_2 - T_1 = 17^ч 2^м 44^с - 9^ч 0^м 58^с = 8^ч 1^м 46^с.$$

$$t = 4^ч 0^м 53^с; \varphi = 59^\circ 40',0.$$

Из Ежегодника или из моих Математических и астрономических таблиц выписываем склонение Солнца в полдень этого дня и величину его изменения за час (величины проинтерполированы по данным календаря на 1931 г.).

Далее вычисляем:

$$\text{Lg } A = 9\,4891$$

$$\text{Lg } \theta = 1\,1259 n$$

$$\text{Lg } \text{tg } \varphi = 0\,2327$$

$$\text{Сумма} = 0\,8477 n$$

$$\text{Lg } B = 9\,1850$$

$$\text{Lg } \theta = 1\,1259 n$$

$$\text{Lg } \text{tg } \delta = 9\,6249$$

$$\text{Сумма} = 9\,9358 n$$

Значки  $n$  означают, что число, логарифм которого написан, отрицательно.



Числа, соответствующие этим логарифмам:

$$\begin{array}{r} -A\theta \operatorname{tg} \varphi = + 7^{\circ},0 \\ + B\theta \operatorname{tg} \delta = - 0,9 \\ \hline \Delta M = + 6^{\circ},1 \end{array}$$

Эту величину следует придать к неисправленному полдню а именно:

$$\begin{array}{r} \text{Неисправленный полдень } 13^{\text{ч}} \quad 1^{\text{м}} 50^{\circ},2 \\ \Delta M \quad \quad \quad + 6^{\circ},1 \\ \hline \text{Истинный полдень по часам} = 13^{\text{ч}} \quad 1^{\text{м}} 56^{\circ},3 \\ \text{Среднее время в истинный,} \\ \text{местный полдень} \quad 12^{\text{ч}} \quad 4^{\text{м}} \quad 8^{\circ},0 \\ \hline \text{Поправка часов} \quad \quad - 57^{\text{м}} 48^{\circ},3 \end{array}$$

Приведенное вычисление не представляет никаких затруднений; оно значительно облегчается, если для  $\Delta M$  даны таблицы; тогда наблюдатель избавляется от необходимости производить приведенные вычисления, и все сводится к действиям, изложенным на пяти последних строчках.

Если в некоторый день Солнце наблюдалось после полудня, а в следующий день до полудня на тех же штрихах, то можно вывести поправку часов для истинной полуночи. Поправка неисправленной полуночи имеет следующий вид:

$$\Delta N = + A\theta' \operatorname{tg} \varphi + B\theta' \operatorname{tg} \delta_1'$$

где  $\theta'$  и  $\delta'$  имеют то же значение, что и в предыдущей формуле, но относятся к истинной полуночи.

Поправки часов, вычисленные нами в предыдущих примерах, относились, очевидно, к местному среднему времени. Нетрудно, однако, пересчитать их и для декретного или поясного времени например, Ленинград, как и другие города, лежащие во втором поясе, считает время по третьему поясу, т. е. в гринвичский полдень считает 3 часа пополудни вместо того, чтобы считать 2 ч.

1 м. 19 с. пополудни, как это нужно делать при счете по местному среднему времени. (Напомним еще раз, что разность местного и гринвичского времени равна долготе данного места от Гринвича). Таким образом, например, в Ленинграде декретное время впереди поясного на 3—2 ч. 1 м. 19 с. = 58 м. 41 с. Следовательно, в двух рассмотренных выше примерах декретное время в истинный полдень должно было быть соответственно 12 ч. 9 м. 33, 5 с. + 58 м. 41 с. = 13 ч. 8 м. 14,5 с. и 12 ч. 4 м. 8,0 с. + 58 м. 41 с. = 13 ч. 2 м. 49,0 с. Следовательно в этих примерах поправки часов на декретное время были + 1<sup>м</sup> 11<sup>с</sup>, 5 и + 52<sup>с</sup>, 7.

Эта точность в  $\pm 0^{\circ}, 5$  вполне достаточна для такого инстру-

мента, как солнечное кольцо, которое, собственно говоря, и инструментом-то не может быть названо.

Несколько слов о шкале. Она должна быть безусловно матовая: прозрачная шкала, например из слоновой кости, не годится.

Лучше всего, если она сделана из темной матовой бумаги, на которой нанесены белые тонкие штрихи. Последние должны быть так нанесены, чтобы от одного наблюдения до другого не протекало слишком много времени. С другой стороны, слишком частые деления неудобны для глаза. Миллиметровые деления вполне удобны.

Во время наблюдений необходимо защищать солнечное кольцо от ветра, иначе оно качается—и вследствие этого наблюдения становятся невозможными.

Солнечное кольцо, вследствие простоты и изящества своего устройства и вследствие точности доставляемых результатов, заслуживает самого широкого распространения среди друзей и любителей астрономии.

Солнечным кольцом можно определять и географические широты, но это дело требует больших вычислений. Читатель найдет об этом в упомянутой ранее моей брошюре.

## Среднее время в истинную полночь (0 часов), или

Число	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
	м. с.	м. с.	м. с.	м. с.	м. с.	м. с.
0	+ 3 37,5					
1	+ 3 6,4	+ 13 33,1	+ 12 42,2	+ 4 18,3	— 2 48,4	— 2 32,1
2	3 35,0	13 41,7	+ 12 30,8	4 0,2	1 56,1	2 23,3
3	4 3,4	13 49,5	12 18,9	3 42,3	3 3,3	2 14,0
4	4 31,3	13 56,4	12 6,6	3 24,6	3 9,9	2 4,4
5	4 58,9	14 2,6	11 53,8	3 6,9	3 16,0	1 54,4
6	5 26,1	14 7,9	11 40,5	2 49,5	3 21,5	1 44,1
7	5 52,9	14 12,4	11 26,8	2 32,2	3 26,5	1 33,4
8	6 19,2	14 16,1	11 12,7	2 15,0	3 31,0	1 22,5
9	6 45,0	14 19,0	10 51,1	1 58,1	3 34,8	1 11,3
10	+ 7 10,2	+ 14 21,1	+ 10 43,2	+ 1 41,4	— 3 38,2	— 0 59,8
11	+ 7 34,9	+ 14 22,3	+ 10 27,9	+ 1 24,9	— 3 40,9	— 0 48,1
12	7 59,0	14 22,8	10 12,2	1 8,7	3 43,1	0 36,2
13	8 22,4	14 22,5	9 56,2	0 52,8	3 44,8	0 24,1
14	8 45,3	14 21,4	9 39,6	0 37,1	3 45,9	— 0 11,8
15	9 7,5	14 19,5	9 23,3	0 21,8	3 46,4	+ 0 0,6
16	9 29,0	14 16,9	9 6,4	+ 0 6,7	3 46,4	0 13,2
17	9 49,8	14 13,6	8 49,3	- 0 7,9	3 45,9	0 25,9
18	10 10,0	14 9,5	8 32,0	0 22,3	3 44,7	0 38,7
19	10 29,4	14 4,7	8 14,4	0 36,2	3 43,0	0 51,5
20	+ 10 48,1	+ 13 59,3	+ 7 56,7	— 0 49,8	— 3 40,8	+ 1 4,5
21	+ 11 6,1	+ 13 53,2	+ 7 38,8	— 1 2,9	— 3 38,0	+ 1 17,4
22	11 23,3	13 46,4	7 20,8	1 15,7	3 34,6	1 30,4
23	11 39,8	13 39,0	7 2,6	1 27,9	3 30,7	1 43,4
24	11 55,5	13 30,9	6 44,4	1 39,7	3 26,2	1 56,4
25	12 10,4	13 22,3	6 26,1	1 51,1	3 21,2	2 9,3
26	12 24,6	13 31,1	6 7,8	2 1,9	3 15,7	2 22,1
27	12 38,0	13 3,3	5 49,5	2 12,3	3 9,7	2 34,9
28	12 50,6	+ 12 53,0	5 31,1	2 22,1	3 3,1	2 47,5
29	13 2,4		5 12,8	2 31,4	2 56,1	3 0,0
30	+ 13 13,4		+ 4 54,6	— 2 40,5	— 2 48,5	+ 3 12,3
31	+ 13 23,6		+ 4 36,4		— 2 40,2	+

па VII

уравнение времени в полночь на 1935 г. (для Гринвича)

Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Число
м. с.	м. с.	с.	м. с.	м. с.	м. с.	
+ 3 24,4	+ 6 15,5	+ 0 20,8	— 9 54,7	-16 18,4	—11 20,5	1
3 36,3	6 12,5	0 2,1	10 14,1	16 20,4	10 58,4	2
3 47,9	6 8,8	— 0 16,8	10 33,2	16 21,6	10 35,7	3
3 59,3	6 4,5	0 36,0	10 52,0	16 22,1	10 12,3	4
4 10,3	5 59,6	0 55,5	11 10,5	16 21,7	9 48,4	5
4 21,0	5 54,0	1 15,2	11 28,7	16 20,5	9 24,0	6
4 31,3	5 47,9	1 35,3	11 46,5	16 18,6	8 59,0	7
4 41,3	5 41,1	1 55,5	12 4,0	16 <sup>1</sup> 15,8	8 33,4	8
4 50,9	5 33,7	2 16,0	12 21,0	16 12,1	8 7,4	9
5 00,1	5 25,8	2 36,6	12 37,7	16 7,7	7 40,9	10
5 8,8	+ 5 17,2	— 2 57,4	— 12 53,9	— 16 2,4	— 7 14,0	11
5 17,2	8 8,0	3 18,4	13 9,7	15 56,2	6 46,7	12
5 25,0	4 58,3	3 39,4	13 25,0	15 49,2	6 18,9	13
5 32,4	4 48,0	4 0,6	13 39,8	15 41,4	5 50,8	14
5 39,3	4 37,2	4 21,9	13 54,0	15 32,7	5 22,4	15
5 45,7	4 25,8	4 43,2	14 7,7	15 23,1	4 53,6	16
5 51,6	4 13,8	5 4,5	14 20,9	15 12,6	4 24,6	17
5 57,1	4 1,4	5 25,9	14 33,4	15 1,3	3 55,3	18
6 2,0	3 48,5	5 47,2	14 45,4	14 49,2	3 25,8	19
6 6,3	3 35,1	6 8,5	14 56,7	14 36,1	2 56,1	20
+ 6 10,2	+ 3 21,2	— 6 29,7	— 15 7,3	—14 22,3	2 26,3	21
6 13,5	3 6,8	6 50,8	15 17,3	14 7,6	1 56,3	22
6 16,3	2 52,1	7 11,9	15 26,7	13 52,1	1 23,3	23
6 18,5	2 36,8	7 32,8	15 35,3	13 35,8	0 56,3	24
6 20,2	2 21,2	7 53,6	15 43,3	13 18,7	0 26,2	25
6 21,3	2 5,1	8 14,3	15 50,5	13 0,8	+ 0 3,8	26
6 21,8	1 48,7	8 34,8	15 57,0	12 42,2	0 33,7	27
6 21,8	1 31,8	8 55,1	16 2,8	12 22,8	1 3,5	28
6 21,1	1 14,6	9 15,2	16 7,8	12 2,7	1 33,1	29
6 19,8	0 57,0	9 35,1	16 12,1	11 42,0	2 2,6	30
6 18,0	+ 0 39,0		—16 15,7		+ 2 31,8	31

## Звездное время в среднюю

Число	Январь			Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
	ч.	м.	с.	ч.	м.	с.	ч.	м.	с.	ч.	м.	с.	ч.	м.	с.	ч.	м.	с.
1	6	38	52,2	8	41	5,5	10	31	29,0	12	33	42,2	14	31	58,8	16	34	12,1
2	6	42	48,8	8	45	2,0	10	35	25,6	12	37	38,7	14	35	55,4	16	38	8,6
3	6	46	45,3	8	48	58,6	10	39	22,1	12	41	35,3	14	39	51,9	16	42	5,2
4	6	50	41,9	8	52	55,2	10	43	18,7	12	45	31,8	14	43	48,5	16	46	1,7
5	6	54	38,4	8	56	51,7	10	47	16,2	12	49	28,4	14	47	45,0	16	49	58,3
6	6	58	35,0	9	0	48,3	10	51	11,8	12	53	24,9	14	51	41,6	16	53	54,9
7	7	2	31,6	9	4	44,8	10	55	8,4	12	55	21,5	14	55	38,1	16	57	51,4
8	7	6	28,1	9	8	41,4	10	59	4,9	13	1	18,1	14	59	34,7	17	1	48,0
9	7	10	24,7	9	12	37,9	11	3	1,5	13	5	14,6	15	3	31,3	17	5	44,5
10	7	14	21,3	9	16	34,5	11	6	58,0	13	9	11,2	15	7	27,8	17	9	41,1
11	7	18	17,8	9	20	31,1	11	40	54,6	13	13	7,7	15	11	24,4	17	13	37,6
12	7	22	14,3	9	24	27,6	11	14	51,1	13	17	4,3	15	15	20,9	17	17	34,2
13	7	26	10,9	9	28	24,2	11	13	47,7	13	21	0,8	15	19	17,5	17	21	30,8
14	7	30	7,5	9	32	20,7	11	22	44,2	13	24	57,4	15	23	14,0	17	25	27,3
15	7	34	4,0	9	36	17,3	11	26	40,8	13	28	53,9	15	27	10,6	17	29	23,9
16	7	38	0,6	9	40	13,8	11	30	37,3	13	32	50,5	15	31	7,1	17	33	20,4
17	7	41	57,1	9	44	10,4	11	34	33,9	13	36	47,0	15	35	4,0	17	37	17,0
18	7	45	53,7	9	48	6,9	11	38	30,4	13	40	43,6	15	39	0,3	17	41	13,5
19	7	49	50,3	9	52	3,5	11	42	27,0	13	44	40,2	15	42	56,8	17	45	10,1
20	7	53	46,8	9	56	0,0	11	46	23,5	13	48	36,7	15	46	53,4	17	49	6,7
21	7	57	43,4	9	59	56,6	11	50	20,1	13	52	33,3	15	50	49,9	17	53	3,2
22	8	1	39,9	10	3	53,2	11	54	16,7	13	56	29,8	15	54	46,5	17	56	59,8
23	8	5	36,5	10	7	49,7	11	58	13,2	14	0	26,4	15	58	43,0	18	0	56,3
24	8	9	33,0	10	11	46,3	12	2	9,8	14	4	22,9	16	2	39,6	16	4	52,9
25	8	13	29,6	10	15	42,8	12	6	6,3	14	8	19,5	16	6	36,2	18	8	49,5
26	8	17	26,2	10	19	39,4	12	10	2,9	14	12	16,0	16	10	32,7	18	12	46,0
27	8	21	22,7	10	23	35,9	12	13	59,4	14	16	12,6	16	14	29,3	18	16	42,6
28	8	25	19,3	10	27	32,5	12	17	56,0	14	20	9,1	16	18	25,8	18	20	39,1
29	8	29	15,8				12	21	52,5	14	24	5,7	16	22	22,4	18	24	35,7
30	8	33	12,4				12	25	49,1	14	28	2,3	16	26	18,9	18	28	32,2
31	8	37	8,9				12	25	4,96				16	30	15,5			

## ца VIII

гринвичскую полночь в 1936 г.

Июль		Август		Сентябрь		Октябрь		Ноябрь		Декабрь		Число
Ч. М.	С.	Ч. М.	С.	Ч. М.	С.	Ч. М.	С.	Ч. М.	С.	Ч. М.	С.	
18 32	28,8	20 34 42,1		22 36 55,3		0 35	11,9	2 37	25,1	4 35	41,7	1
18 36	25,4	20 38 38,6		22 40 51,8		0 39	8,4	2 41	21,6	4 39	38,3	2
18 40	21,9	20 42 35,2		22 44 48,4		0 43	5,0	2 45	18,2	4 43	34,9	3
18 44	18,2	20 46 31,7		22 48 44,9		0 47	1,5	2 49	14,7	4 47	31,4	4
14 48	15,0	20 50 28,3		22 52 41,5		0 50	58,1	2 53	11,3	4 51	28,0	5
18 52	11,6	20 54 24,9		22 56 38,1		0 54	54,6	2 57	7,8	4 55	24,5	6
18 56	8,2	20 58 21,4		23 0 34,6		0 58	51,2	3 1	4,4	4 59	21,1	7
19 0	4,7	21 2 18,0		22 4 31,2		1 2	47,8	3 5	0,9	5 3	17,6	8
19 4	1,3	21 6 14,5		23 8 27,7		1 6	44,3	3 8	57,5	5 7	14,2	9
19 7	57,8	21 10 11,1		23 12 24,3		1 10	40,9	3 12	54,0	5 11	10,8	10
19 11	54,4	21 14 7,6		23 16 20,8		1 14	37,4	3 16	50,6	5 15	7,3	11
19 15	50,9	21 18 4,2		23 20 17,4		1 18	34,0	3 20	47,2	5 19	3,9	12
19 19	47,5	21 22 0,7		28 24 13,9		1 22	30,5	3 24	43,7	5 23	0,4	13
19 23	44,1	21 25 57,3		23 28 10,5		1 26	27,1	3 28	40,3	5 26	57,0	14
19 27	40,6	21 29 53,9		23 32 7,0		1 30	23,6	3 32	36,8	5 30	53,6	15
19 31	37,2	21 33 50,4		23 36 3,6		1 34	20,2	3 36	35,4	5 34	50,1	16
19 35	33,7	21 37 47,0		23 40 0,1		1 38	16,7	3 40	30,0	5 38	46,7	17
19 39	30,3	21 41 43,5		23 43 56,7		1 42	13,3	3 44	26,5	5 42	43,2	18
19 43	26,8	21 45 40,1		23 47 53,2		1 46	9,8	3 48	23,1	5 46	39,8	19
19 47	23,4	21 49 36,6		23 51 49,8		1 50	6,4	3 52	19,6	5 50	36,3	20
19 51	20,0	21 53 33,2		23 55 46,4		1 54	3,0	3 56	16,2	5 54	32,9	21
19 55	16,5	21 57 29,7		23 59 42,9		1 57	59,5	4 0	12,7	5 58	29,5	22
19 59	13,1	22 1 26,3		0 3 39,5		2 1	56,1	4 4	9,3	6 2	26,0	23
20 3	9,6	22 5 22,9		0 7 36,0		2 5	52,6	4 8	5,8	6 6	22,6	24
20 7	16,2	22 9 19,4		0 11 32,6		2 9	49,2	4 12	2,4	6 10	19,1	25
20 11	2,7	22 13 16,0		0 15 29,1		2 13	45,7	4 15	58,9	6 14	15,7	26
20 14	59,3	22 17 12,5		0 19 25,7		2 17	42,3	4 19	55,5	6 18	12,3	27
20 18	55,9	22 21 9,1		0 23 22,2		2 21	38,8	4 23	52,1	6 22	8,8	28
20 22	52,4	22 25 5,6		0 27 18,8		2 25	35,4	4 27	48,6	6 26	5,4	29
20 26	49,0	22 29 2,2		0 31 15,3		2 29	31,9	4 31	45,2	6 30	1,9	30
20 30	45,5	22 32 58,7				2 33	28,5			6 35	58,5	31

Табл

## Места Союза ССР по

Название места	№ пояса	Восточная долгота от Гринвича	Поправка к поясу
Акмолинск . . . . .	5	4 ч. 45 м. 41 с.	+ 14 м. 19 с.
Актюбинск . . . . .	4	3 48 55	+ 11 5
Алма-Ата . . . . .	5	5 7 46	— 7 46
Армавир . . . . .	3	2 44 31	+ 15 29
Артемовск . . . . .	2	2 32 1	— 32 1
Архангельск . . . . .	2	2 42 4	— 42 4
Астрахань . . . . .	3	3 12 9	— 12 9
Ашхабад . . . . .	4	3 53 33	+ 6 27
Баку . . . . .	3	3 19 22	— 19 22
Баргузин . . . . .	7	7 19 8	— 19 8
Барнаул . . . . .	6	5 35 10	+ 24 50
Батум . . . . .	3	2 46 32	+ 13 28
Благовещенск . . . . .	9	8 30 3	+ 29 57
Брянск . . . . .	2	2 17 28	— 17 28
Буйнакс . . . . .	3	3 8 38	— 8 38
Великий Устюг . . . . .	3	3 5 12	— 5 12
Верхнеудинск . . . . .	7	7 10 20	— 10 20
Витебск . . . . .	2	2 0 50	— 0 50
Владивосток . . . . .	9	8 47 31	+ 12 29
Владимир . . . . .	2	2 41 39	— 41 39
Вологда . . . . .	2	2 39 33	— 39 33
Воронеж . . . . .	2	2 36 45	— 36 45
Вышний Водочок . . . . .	2	2 18 12	— 18 12
Гомель . . . . .	2	2 4 5	— 4 5
Горький . . . . .	3	2 56 1	+ 3 59
Грозный . . . . .	3	3 3 1	— 3 1
Детское Село . . . . .	2	2 1 47	— 1 47
Днепропетровск . . . . .	2	2 20 17	— 20 17
Евпатория . . . . .	2	2 13 23	— 13 23
Енисейск . . . . .	6	6 8 49	— 8 49
Житомир . . . . .	2	1 54 39	+ 5 21
Запорожье . . . . .	2	2 20 44	— 20 44
Златоуст . . . . .	4	3 38 42	+ 21 18
Иваново-Вознесенск . . . . .	2	2 43 55	— 43 55
Ижевск . . . . .	3	3 32 48	— 32 48
Иркутск . . . . .	7	6 57 5	— 2 5
Казань . . . . .	3	3 16 29	— 16 29
Каинск . . . . .	5	5 13 10	+ 13 10
Калинин . . . . .	2	2 23 37	— 23 37
Калуга . . . . .	2	2 25 1	— 25 1
Каменец-Подольск . . . . .	2	1 46 18	+ 13 42
Киев . . . . .	2	2 2 1	— 2 1
Киренск . . . . .	7	7 12 12	+ 12 12
Киров . . . . .	3	3 18 44	— 18 44
Коканд . . . . .	5	4 43 45	— 16 14

## ца IX

## поясам времени

Название места	№ пояса	Восточная долгота от Гринвича			Поправка к поясу
Кострома .....	3	2 ч. 43 м. 45			+ 16 м 17 с
Красноводск.....	4	3 31 50			+ 28 10
Красногвардейск.....	2	2 2 12			- 2 12
Краснодар.....	3	2 35 49			+ 24 11
Красноярск .....	6	6 11 26			- 11 26
Кронштадт.....	2	1 52 4			+ 7 56
Курск .....	2	2 24 51			- 24 51
Куйбышев.....	3	3 20 20			- 20 20
Кутаис.....	3	2 50 54			+ 9 6
Ленинград .....	2	2 1 19			- 1 19
Махач-Кала.....	3	3 10 1			- 10 1
Минск.....	2	1 50 14			+ 9 46
Могилев.....	2	2 1 21			- 1 21
Москва.....	2	2 30 17			- 30 17
Мурманск.....	2	2 12 16			- 12 15
Наманган.....	5	4 46 33			+ 13 27
Нахичевань.....	3	3 1 37			- 1 37
Нерчинск.....	8	7 46 20			+ 13 40
Нижне-Колымск.....	11	10 43 46			+ 16 14
Николаев.....	2	2 7 54			- 7 54
Николаев-на-Амуре...	9	9 22 52			- 22 52
Новгород .....	2	2 5 7			- 5 7
Новосибирск .....	6	5 31 40			+ 28 20
Новочеркасск .....	2	2 40 25			-40 25
Одесса .....	2	2 3 2			- 3 2
Омск .....	5	4 53 30			+ 6 30
Орджоникидзе .....	3	2 58 44			+ 1 16
Орел .....	2	2 24 17			- 24 17
Оренбург.....	4	3 40 27			+ 19 33
Охотск.....	10	9 33 10			+ 26 50
Пенза .....	3	3 0 7			- 0 7
Пермь .....	4	3 45 3			+ 14 57
Петрозаводск .....	2	2 17 35			- 17 35
Петропавловск .....	5	4 36 28			+ 23 32
Петропавловск-Порт..	11	10 34 54			+ 25 6
Повенец.....	2	2 19 18			- 19 18
Покровск .....	3	3 4 28			- 4 28
Полтава .....	2	2 18 17			- 18 17
Псков.....	2	1 53 40			+ 6 40
Пулково.....	2	2 1 19			- 1 19
Ростов-на-Дону.....	2	2 38 51			- 38 51
Рязань.....	2	2 38 59			- 38 59
Самарканд.....	4	4 27 53			- 27 53
Саратов.....	3	3 4 18			- 4 18
Севастополь.....	2	2 14 6			- 14 6



Таблица IX

Продолжение)

Название места	№ пояса	Восточная долгота от Гринича			Поправка к поясу	
Свердловск .....	4	4	2	22	- 2	22
Семипалатинск.....	5	5	20	22	- 20	22
Симферополь.....	2	2	16	25	- 16	25
Симеиз.....	2	2	15	58	- 15	58
Слуцк.....	2	2	1	56	- 1	56
Смоленск .....	2	2	18	15	- 18	15
Сретенск.....	8	7	50	46	- 9	14
Ставрополь.....	3	2	47	58	- 12	2
Сталинград.....	3	2	58	3	- 1	57
Старая Бухара .....	3	4	17	43	- 17	43
Сухум.....	4	2	43	59	+ 16	1
Тамбов.....	3	2	45	51	+ 14	9
Ташкент .....	5	4	37	11	+ 22	49
Тифлис .....	5	2	59	11	+ 0	49
Тобольск .....	5	4	33	6	+ 26	54
Томск .....	6	5	39	51	+ 20	9
Тула.....	2	2	30	28	- 30	28
Ульяновск .....	3	3	13	38	- 13	38
Уральск.....	3	3	25	27	- 25	27
Усть-Сысольск.....	3	3	23	22	- 23	22
Уфа.....	4	3	43	46	+ 15	14
Феодосия .....	2	2	21	36	- 21	36
Фрунзе .....	5	4	58	27	+ 1	33
Хабаровск .....	9	9	0	12	- 0	12
Харьков .....	2	2	24	45	- 24	54
Херсон .....	2	2	10	28	- 10	28
Челябинск .....	4	4	5	22	- 5	22
Череповец .....	2	2	31	43	- 31	43
Чернигов .....	2	2	5	14	- 5	14
Чита .....	7	7	34	1	- 34	1
Эривань.....	3	2	58	0	+ 2	0
Якутск .....	8	8	38	58	- 38	58
Ялта .....	2	2	16	43	-16	43
Ярославль .....	2	2	39	29	- 39	29



# СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие к третьему изданию</i> .....	5
<i>Введение</i> .....	7
<i>Глава I. Звездное небо</i> .....	11
<i>Глава II. Координаты небесных светил</i> .....	18
<i>Глава III. Пособия при наблюдениях неба</i> .....	29
1. Звездные карты и небесный глобус (29); 2. Бинокуляр в астрономических наблюдениях (32) .....	
<i>Глава IV. Закон всемирного тяготения</i> .....	36
1. Законы Кеплера (36). 2. Закон Ньютона (39).	
<i>Глава V. Созвездия</i> .....	46
I. Большая Медведица (46). 2. Малая Медведица (52). 3. Дракон (57). 4. Цефей (60). 5. Кассиопея (61). 6. Андромеда (64). 7. Персей (67). 8. Телец (75). 9. Близнецы (82). 10. Орион (84). II. Большой Пес (86), 12. Рак (89). 13. Волосы Вероники (92). 14. Северная Корона (93) 15. Геркулес (94). 16. Лира (95). 17. Орел (101). 18. Стрелец (101). 19. Лебедь (102).	
<i>Глава VI. Млечный путь</i> .....	104
<i>Глава VII. Кометы</i> .....	108
1. Замечательные кометы: Большая комета 1807 г. (111). Большая комета 1811 г. (112). Большая комета Донати 1858 г. (114). Комета Биелы (115). Комета Морхауза 1908 г. (120). Комета Галлея (121). Комета Швассмана-Вахмана (124). 2. Поиски комет (126). 3. Рисование хвостов комет. Оценки яркости (133).	
<i>Глава VIII. Падающие звезды и болиды</i> .....	137
1. Полет падающих звезд (137). 2. Величина падающих звезд (141). 3. Метеоры и атмосфера (144). 4. Радианты падающих звезд (146). 5. Движение падающих звезд в небесном пространстве (150). 6. Падающие звезды и кометы (152). 7. Как наблюдать падающие звезды (154). 8. Болиды (167). Таблицы: I) Главнейшие радианты метеорных потоков (156). II) Малые потоки (158). III) Главнейшие кометные радианты (164).	
<i>Глава IX. Небесные камни, или метеориты</i> .....	173
<i>Глава X. Переменные звезды</i> .....	182
1. Изучение переменных звезд. 2. Правила наблюдений переменных звезд (184). 3. Некоторые переменные звезды и их звезды сравнения. А. Затменные переменные: Альголь ( $\beta$ Персея) (189). $\lambda$ Тельца (191). $\delta$ Весов (191). $\beta$ Лиры (192) $\nu$ Геркулеса (193). RZ Кассиопеи (193). Б. Цефеиды: $\eta$ Орла (195). $\delta$ Цефея (195) Т Лисички (198). X Лебеда (198). RR Лиры (198). В. Долгопериодические переменные типа <i>О</i> Кита: <i>О</i> Кита (Мира) (200). $\chi$ Лебеда (202). Г. Полуправильные переменные звезды: $\alpha$ Ориона (204). $\mu$ Цефея (204). $\beta$ Пегаса (205). R Лиры (205). $\gamma$ Геркулеса (206). AF Лебеда (206). RS Рака (206). 4. Обработка наблюдений над переменными звездами (207). Таблица IV) Список переменных звезд в максимуме ярче 6,0 звездной величины до $-30^\circ$ склонения.	
<i>Глава XI. Новые звезды</i> .....	217

1. Звездное, истинное и среднее время (223). 2. Поясное время (232). 3. Декретное время (234). 4. Радиосигналы точного времени (235). 5. Солнечное кольцо (238).

Таблицы: V) Для превращения среднего времени в звездное (227). VI) Для превращения звездного времени в среднее (231). VII) Среднее время в истинную полночь (246). VIII) Звездное время в среднюю Гринвичскую полночь (248). IX) Таблица мест Союза ССР по поясам времени (250).

Редактор *П. Паренаго*. Техн. редакторы *О. Залышкина*  
*З. Лившиц*. Эскиз штампа переплета, форзаца и  
титulusный лист — худ. *И. Тетенбаума*. Сдано  
в пр — во 19/III—1936 г. Подписано к печати  
29/VII—1936 г. Уполн. Главлита № В-43878.  
Тираж 25000. Формат бум. 62 x 94 1/16.  
Печ. зн. в 1 б. л. 90000. Уч.-авт. д. 17.  
Печати. лист. 16. Количество бум.  
листов 8+1 вкл. Издат. № 16.  
Индекс НПО-20-3. Заказ  
№ 377. Напечатано в  
4-он тип. ОНТИ  
НКТП СССР  
„Кр. Печати.“  
Ленинград,  
Междуна-  
родный,  
75а.

## Чётные часовые пояса

### ●●● Международная линия

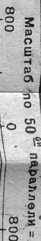
ПЕЧАТНЫЕ . . . 22

Страны не принявшие повсюду вре

МЕНИ  
КОЛ

ся на 30 мин. от подъезда

Условная граница часовых поясов



50° масштаб = 1:40 000 000  
800  
1600 км

