

М.Е. НАБОКОВ

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ  
НАБЛЮДЕНИЯ  
С БИНОКЛЕМ



ОГИЗ

ГОСТЕХИЗДАТ  
1948

М. Е. НАБОКОВ

**АСТРОНОМИЧЕСКИЕ  
НАБЛЮДЕНИЯ  
С БИНОКЛЕМ**

О Г И З  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
МОСКВА 1948 ЛЕНИНГРАД

*Редакторы И. Е. Рахлин и Ю. М. Иофе. Техн. редактор Н. Я. Мурашова.*

Подписано к печати 8/XII 1948 г. 11,5 печ. л. +1 вкладка. 10,42, уч.-изд. л.  
35800 тип. зн. в печ. л. А 11453. Тираж 15 000 экз. Цена 3 р. 50 к.  
Заказ № 1156.

3-я типография «Красный пролетарий» треста «Полиграфкинг» ОГИЗа при  
Совете Министров СССР. Москва, Краснопролетарская, 16.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора.....	5
<b>I. Зрительная труба</b>	
§ 1. Изобретение зрительной трубы.....	7
§ 2. Устройство зрительной трубы .....	14
§ 3. Зрение .....	21
§ 4. Окулярный зрачок и яркость изображения.....	25
§ 5. Поле зрения.....	33
§ 6. Несовершенства зрительных труб .....	35
<b>II. Бинокль</b>	
§ 7. Стереоскопическое зрение .....	38
§ 8. Призмennyй бинокль .....	41
§ 9. Типы призмennyх биноклей .....	46
§ 10. Определение качеств бинокля.....	52
§ 11. Галилеевский бинокль .....	54
§ 12. Выбор бинокля для астрономических наблюдений .....	56
§ 13. Установка бинокля .....	56
§ 14. Повышение увеличения бинокля .....	61
§ 15. Самодельная труба из оптики бинокля.....	68
§ 16. Приспособление бинокля для фотометрии и фотографии .....	70
<b>III. Звёздный мир</b>	
§ 17. Звёздное небо.....	79
§ 18. Свет и цвет звёзд .....	90
§ 19. Двойные звёзды .....	111
§ 20. Переменные звёзды .....	112
§ 21. Звёздная система .....	127
<b>IV. Солнечная система</b>	
§ 22. Передвижения планет .....	141
§ 23. Наблюдения Луны .....	143

§ 24. Наблюдения Солнца.....	145
§ 25. Метеоры и кометы .....	153
Литература.....	160

## Приложения

I. «Путеводные» карты .....	162
II. Стереографические сетки .....	174
III. Карта Луны.....	176
IV. А. Юлианские дни. Б. Число дней, протекших от начала года до начала каждого месяца .....	177
V. Схематические карты Млечного Пути.....	178
VI. Графический астрономический календарь М. Е. Набокова .....	182

## ОТ АВТОРА

Первое и второе издания этой книги, судя по печатным и устным отзывам, помогли молодым друзьям и любителям астрономии, а также и учителям школ в первоначальных наблюдениях небесных светил. Можно с удовлетворением отметить, что уже ко времени второго издания наша отечественная промышленность наладила широкий выпуск вполне доброкачественных биноклей. Учителя средней школы имеют теперь возможность оживлять словесное изложение основ астрономии наглядным изучением звёздного неба с помощью дешёвого, лёгкого и удобного в школьной практике инструмента и привить учащимся некоторые практические навыки в наблюдении суточного вращения небесной сферы, солнечных пятен, вращения Солнца и т. п.

Любители астрономии с выпуском наших отечественных биноклей получили инструмент, с которым они могут вести целый ряд полезных для науки наблюдений комет, метеоров, переменных звёзд и тем самым ближе подойти к подлинной научной работе астрономов, всегда основанной на результатах наблюдений. Из истории астрономии известно, что Галилей даже с небольшим инструментом сделал великие открытия. Астрономы-любители, наблюдающие переменные звёзды и кометы при помощи бинокля, дают хороший материал для астрономов-исследователей.

Всё дело в том, чтобы *уметь* применить для наблюдений хотя бы и скромный инструмент.

Дополнения и изменения в этой книге по сравнению с её предыдущими изданиями имеют главной целью помочь учителям и любителям астрономии сознательно читать великую звёздную книгу, раскрытую перед нашими глазами в ясную ночь.

*М. Е. Набоков.*

# 1. ЗРИТЕЛЬНАЯ ТРУБА

«Дело идёт об орудии, делающем весьма многое доступным нашему глазу» (Галилео Галилей. «Звёздный Вестник», 1610 г.)

## § 1. Изобретение зрительной трубы

Ознакомившись по книгам с началами астрономии, читатель, весьма естественно, пожелает сам посмотреть на небесные светила. Изучение звёздного неба хотя бы и невооружённым глазом помогает уяснению прочитанного и, в сущности, всегда должно было бы сопутствовать чтению книг по астрономии. Ещё больше могут дать наблюдения с оптическими инструментами; они позволяют заметить небесные явления, трудно доступные или совсем недоступные невооружённому глазу. Убедиться, например, в видимом суточном движении всех светил можно и невооружённым глазом при условии достаточно продолжительного (не менее  $\frac{1}{2}$  часа) наблюдения положения светил. Если же посмотреть на какое-нибудь светило через неподвижно установленную астрономическую трубу, то его перемещение станет заметным уже через несколько секунд.

Довольно широко распространено мнение, что ознакомление с небесными светилами не представляет интереса без применения астрономических труб с большим увеличением, но это мнение неверно. Не следует забывать, что основоположники современной астрономии производили свои первые научные наблюдения с очень небольшими инструментами. Галилей в начале XVII столетия производил свои первые наблюдения небесных светил при помощи астрономической трубы, имевшей всего трёхкратное увеличение. Самая большая труба, которой он впоследствии пользовался, увеличивала в 33 раза. Однако с этими трубами (рис. 1) Галилей открыл четырёх спутников Юпитера, наблюдал подробности лунной поверхности, пятна



на Солнце, большее число звёзд, чем видно невооружённым глазом. Любознательность к вопросам астрономии может быть различной. Начав с первого общего знакомства с небом невооружённым глазом, астроном-любитель может перейти к наблюдению небесных светил при помощи оптических инструментов. Далее следуют наблюдения с этими инструментами, имеющие целью дать

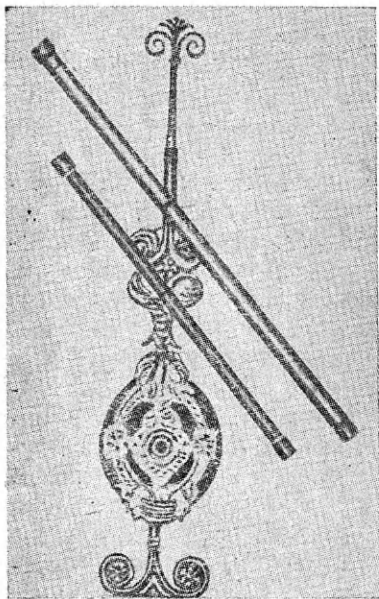


Рис. 1.

материал для выводов науки или, ещё более того, позволяющие самому сделать выводы и найти нечто новое, до того неизвестное. Знакомство с небесными явлениями доступно всякому, кто имеет хотя бы небольшой оптический инструмент. Наблюдение неба в научных целях, на первый взгляд, как будто возможно лишь для специалистов-астрономов, имеющих в своём распоряжении мощные инструменты. На самом деле такое предположение неправильно; ведь и специалисты ведут наблюдения с инструментами различной силы, и, однако, не только самые большие телескопы, но и значительно меньшие инструменты дают ценный для

науки материал. Область изучения небесных явлений весьма обширна и разнообразна; имеются задачи, для решения которых необходимы гигантские телескопы. Однако целый ряд задач успешно решается и с помощью небольших инструментов. Наука, кроме того, непрерывно развивается, выдвигаются всё новые и новые задачи и нередко некоторые из них могут быть решены опять-таки при помощи малых инструментов и даже невооружённого глаза. Чтобы не быть голословными, обратимся к истории одной из важных отраслей современной астрономии к истории уче-

ния о переменных звёздах. В XVII столетии было замечено, что некоторые звёзды периодически меняют свой блеск (см. стр 111).

Первые наблюдения этих звёзд делались невооружённым глазом. Первоначально их было известно лишь очень немного. С течением времени обнаруживалось всё большее число таких звёзд, и становилось всё более ясным, что изменение их блеска обусловлено физическими процессами, происходящими в звёздах. Число переменных звёзд, известных в настоящее время, так велико, что астрономы, располагающие мощными инструментами, могут вести специальные наблюдения лишь немногих из них, и если бы дело ограничилось только работой специалистов, то для многих переменных звёзд был бы неизвестен характер изменения блеска. Вот для такого рода наблюдений и понадобились даже и небольшие инструменты и массовые наблюдения любителей астрономии. Действительно, из 11 000 переменных звёзд, известных в настоящее время, более половины доступно небольшим инструментам, в частности биноклям, и любители астрономии в этом деле оказывают неоценимую помощь астрономам-специалистам, наблюдая изменения блеска звёзд и предоставляя результаты своих наблюдений в распоряжение учёных. Эти результаты печатаются в специальных астрономических журналах, и работа эта никогда не потеряет своего значения, так как открываются всё новые переменные звёзды. Многие из переменных звёзд, уже известных по многочисленным наблюдениям, оказываются подлежащими и дальнейшим наблюдениям, так как характер изменений их блеска меняется с течением времени.

Мы остановились лишь на одном из тех многих примеров, которые можно было бы привести; этот пример показывает не только значение наблюдений с небольшими инструментами, но и значение коллективности наблюдений. Наблюдатели переменных звёзд имеются во всех странах и в каждой стране они расположены в разных местах. Если в одном месте небо пасмурно, то в другом месте, там, где небо ясно, любитель астрономии сможет вести свои наблюдения. В этом случае важна не только массовость наблюдений, но и их слаженность, коллективность в смысле общего плана и общих способов наблюдений.

У нас в СССР организацию таких наблюдений взяли на себя астрономические общества, слившиеся во Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО), отделения которого находятся во многих городах СССР.

Коллектив наблюдателей при Московском отделении Общества (МОВАГО) с 1922 г. по настоящее время спланировал и организовал многие наблюдательные работы членов коллектива не только по наблюдению переменных звёзд, но и в других областях, например по наблюдению метеоров, солнечных пятен, комет, солнечных и лунных затмений. Почти все результаты этих наблюдений напечатаны в изданиях ВАГО и вошли в сокровищницу науки. В то же время следует отметить, что эти наблюдения сделаны со скромными средствами: либо невооружённым глазом, либо (по большей части) с биноклем и лишь сравнительно немногие с небольшими астрономическими трубами.

Во всех случаях, когда читателю понадобятся более подробные указания о наблюдениях исследовательского характера, ему следует обращаться во Всесоюзное астрономо-геодезическое общество, которое издаёт специальные инструкции для наблюдений и может дать советы во всех особых случаях.

Бинокль в руках любителя астрономии может принести пользу и при ознакомлении с небесными светилами и при их исследовании — надо только знать его свойства и возможности и на основе этих знаний выбрать объекты наблюдений для ознакомления или для исследования соответственно своим желаниям. Прежде всего надо знать свойства того инструмента, с которым предполагается вести наблюдения — знание этих свойств даст возможность даже и такого использования его, которое почему-либо не описано в этой книге.

Бинокль представляет собой, в сущности, две соединённые зрительные трубы, поэтому мы прежде всего познакомимся с происхождением и развитием прародителей бинокля — зрительных труб, так как «во всяком деле надо знать историю его развития» (М. Горький).

Первые зрительные трубы появились в Европе в 1608 г., в Голландии, где благодаря наличию хорошего дюнного песка было развито производство оптических стёкол для очков. Изобретение зрительной трубы приписывается Липперсгею, хотя, по многим данным, можно

думать, что одновременно она была изобретена и другими. Труба была двойная — для смотрения сразу двумя глазами; в таком виде зрительная труба продавалась под именем «голландской трубы». «Голландские трубы» стоили недёшево, их устройство не было опубликовано, они имели ограниченное распространение и в странах, отдалённых от Голландии, об их существовании знали лишь по слухам.

В 1610 г. Галилей в своём сочинении «Звёздный Вестник» писал: «Около десяти месяцев назад дошёл до нас слух, что каким-то голландцем устроен инструмент, благодаря которому предметы, находящиеся на далёком расстоянии, кажутся как бы близ нас помещёнными».

В другом из своих произведений, вышедшем в 1623 г., Галилей, вспоминая изобретение трубы и слухи о ней, пишет: «Узнав об этом, я вернулся в Падую, где тогда проживал, и начал размышлять над этой задачей. В первую же ночь после моего возвращения я её решил, а на следующий день изготовил инструмент». В дальнейшем повествовании Галилей рассказывает, как, зная свойства оптических стёкол, он пришёл к выводу, что труба должна состоять из двух стёкол: выпуклого и вогнутого. Первые трубы Галилея имели трёхкратное увеличение; впоследствии он строил трубы с увеличением в 33 раза. При этом стёкла были не двояковыпуклые и двояковогнутые, а одно плосковыпуклое, другое плосковогнутое, и труба была одинарная—для смотрения одним глазом.

Таким образом, Галилей совершенно самостоятельно изобрёл зрительную трубу. В то время как обыватели, купив или смастерив «голландскую трубу», забавлялись рассматриванием отдалённых предметов, один Галилей понял важность изобретения зрительной трубы для научных исследований.

Он стал рассматривать те предметы, к которым нельзя подойти, как к земным, на близкое расстояние, т. е. навёл свою трубу на небесные светила. Тем самым Галилей положил начало новым методам астрономии.

После астрономических открытий Галилея, ставших известными всему культурному миру, эти трубы стали называть также и «галилеевыми».

Так же как и Галилей, астроном Кеплер прослышал про «голландскую трубу» и в своём сочинении «Диоп-

трика» в 1611 г. дал не только объяснение её устройства, но и предложил новую, более совершенную конструкцию, которая получила впоследствии название «кеплеровой системы».

Галилеева труба не давала больших увеличений. Кеплерова труба состояла из двух двояковыпуклых стёкол; подбирая эти стёкла, с кеплеровой трубой можно было получить значительно бóльшие увеличения, чем с галилеевой.

Но кеплерова труба давала перевёрнутые изображения, что, конечно, затрудняло пользование ею для наблю-

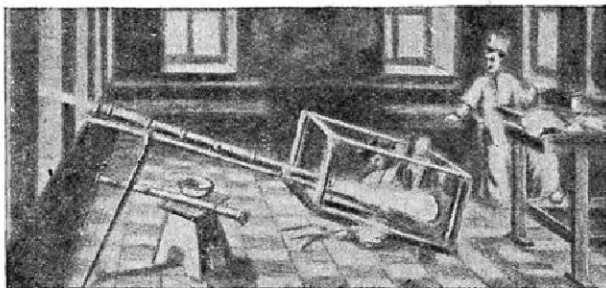


Рис. 2.

дения земных предметов. Для астрономических наблюдений, в которых не имеют значения «верх» и «низ», она была вполне пригодна.

В 1611 г. Шейнер наблюдал солнечные пятна с астрономическими трубами системы Галилея и системы Кеплера (рис. 2) и мог показывать изображение Солнца на белом экране сразу нескольким лицам.

Католическая церковь пыталась посеять недоверие к сделанным с трубами астрономическим открытиям, ибо они явно противоречили библейским легендам. Были даже и такие «учёные» монахи в Италии, которые принципиально не желали смотреть на небесные светила через трубу.

Поэтому применение экранных изображений для показывания Солнца нескольким лицам одновременно имело большую убедительность.

В последующее время трубы кеплеровой системы совершенствовались и постоянно применялись и в настоя-

щее время продолжают применяться для астрономических наблюдений.

Даже и для наблюдений земных отдалённых предметов была использована та же самая кеплерова система, но для рассматривания земных предметов её приходилось дополнять одним двояковыпуклым стеклом (чтобы изображения не были перевёрнутыми). Такие земные зрительные трубы были очень длинными, состояли из многих колен и в них смотрели одним глазом. До настоящего времени их продолжают выделывать в некоторых странах.

Однако галилеева (голландская) труба, сослужив большую службу астрономии, не перестала существовать. Оптики, ввиду того, что эта труба даёт прямое изображение, стали изготовлять двойные трубы галилеевской системы с небольшими увеличениями. Это—современный театральный бинокль.

Галилеевы трубы не давали большого увеличения, но были удобны своими небольшими размерами.

Мастера и изобретатели долго старались так перестроить кеплерову трубу, чтобы она имела достоинства бинокля галилеевой системы (небольшой размер, прямые изображения) и в то же время могла давать большие увеличения. Техническая задача сводилась к тому, чтобы перевернуть обратное изображение и одновременно сделать трубу короткой. В 1850 г. Порро была придумана система призм, которая переворачивала изображение; луч, идущий внутри призм, четыре раза отражался в небольшом пространстве. Француз Буланже в 1859 г. применил эту систему для построения бинокля из двух кеплеровых труб.

Новый тип бинокля, названный «призменным», получил всеобщее признание и распространение.

До революции в России призменные бинокли не выделывались, а если и были попытки их изготовления, то

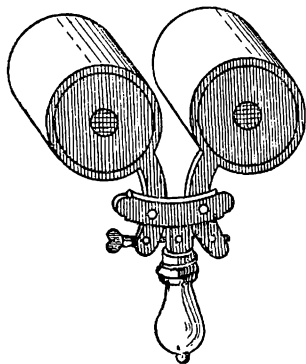


Рис. 3. Бинокль мастера Шерубена из Орлеана, описанный им в 1671 г.

большей частью неудачные. В Советском Союзе организовано изготовление призмённых биноклей.

Чтобы правильно использовать бинокль для астрономических наблюдений, нужно ясно понимать его устройство. Поэтому, прежде чем рассказывать об астрономических наблюдениях, мы кратко ознакомимся с устройством кеплеровой и галилеевой труб.

## § 2. Устройство зрительной трубы

Зрительная труба устроена так, чтобы человек, глядя в неё, видел предметы под большим углом зрения, чем он их видит невооружённым глазом.

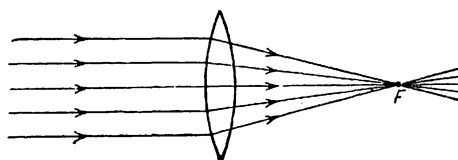


Рис. 4.

Увеличение угла зрения достигается с помощью комбинации двояковыпуклого стекла с двояковогнутым или двух двояковыпуклых стёкол (рис. 4 и 5). Эти стёкла называют также линзами и чечевицами.

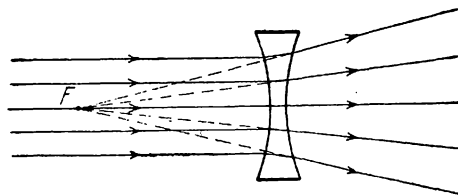


Рис. 5.

Двояковыпуклая линза, как показывает само её название, выпукла с обеих сторон, она толще в середине, чем по краям. Если такую линзу обратить к отдалённому предмету, то, поместив за линзой на определённом расстоянии лист белой бумаги, можно заметить, что на нём получается изображение того предмета, к которому обра-

щена линза. Особенно хорошо это заметно, если обратить линзу к Солнцу — на белом листе получается изображение Солнца в виде яркого кружочка, и видно, что световые лучи, пройдя через линзу, собираются ею. (Если поддержать некоторое время бумагу в таком положении, то она может быть прожжена—так много здесь собирается лучистой энергии.)

Точка, через которую любой луч проходит, не преломляясь, называется *оптическим центром* линзы (у двояковыпуклой линзы оптический центр совпадает с геометрическим).

Центр той сферы, частью которой является поверхность линзы, называется *центром кривизны*. У симметричной двояковыпуклой линзы оба центра кривизны лежат на равных расстояниях от оптического центра. Все прямые, проходящие через оптический центр линзы, называются *оптическими осями*. Прямая, соединяющая центр кривизны с оптическим центром, называется *главной оптической осью* линзы.

Точка, где собираются прошедшие через линзу лучи, называется *фокусом*\*).

Расстояние от оптического центра линзы до плоскости, в которой расположен фокус (так называемой фокальной плоскости), называется *фокусным расстоянием*; оно измеряется в линейных мерах.

Фокусное расстояние одной и той же линзы бывает различным в зависимости от того, как далеко от самой линзы находится предмет, к которому она обращена. Есть определённый закон зависимости фокусного расстояния от расстояния до предмета. Для расчёта зрительных труб наиболее важно *главное фокусное расстояние*, т. е. расстояние от оптического центра линзы до главного фокуса. *Главным фокусом* называется точка, в которой сходится после преломления пучок лучей, *параллельных* главной оптической оси. Он лежит на главной оптической оси, между оптическим центром и центром кривизны. Изображение предмета получается на главном фокусном расстоянии, или, как ещё говорят, «в главном фокусе» (что не совсем точно, ибо фокус — точка, а изображение предмета;— плоская фигура), когда предмет так далеко отстоит

---

\*) От латинского слова focus —пламя, очаг.



от линзы, что лучи, идущие от него, падают на линзу параллельным пучком (см. рис. 4).

Одна и та же линза всегда имеет одно и то же главное фокусное расстояние. Различные линзы, в зависимости от их выпуклости, имеют различные главные фокусные расстояния. Двояковыпуклые линзы часто называют ещё «собирающими».

Собирающее свойство каждой линзы измеряется её главным фокусным расстоянием. Нередко, говоря про собирающее свойство двояковыпуклой линзы, вместо слов «главное фокусное расстояние» говорят просто «фокусное расстояние».

Чем сильнее преломляет лучи линза, тем меньше её фокусное расстояние. Чтобы сравнить между собой различные линзы, можно вычислять отношения их фокусных расстояний. Если, например, одна линза имеет главное фокусное расстояние 50 см, а другая 75 см, то, очевидно, сильнее преломляет линза с главным фокусным расстоянием 50 см. Мы можем сказать, что её преломляющие свойства больше, чем у линзы с фокусным расстоянием 75 см, во столько раз, во сколько 75 см больше, чем 50 см, т. е. в  $\frac{75}{50} = 1\frac{1}{2}$ .

Преломляющее свойство линзы можно характеризовать также её *оптической силой*. Так как преломляющее свойство линзы тем больше, чем короче её фокусное расстояние, то за меру оптической силы может быть принята величина  $1:F$  ( $F$ —главное фокусное расстояние). За единицу оптической силы линзы принимается оптическая сила такой линзы, главное фокусное расстояние которой равно 1 м. Эта единица называется *диоптрией*. Следовательно, оптическая сила какой-либо линзы может быть найдена делением 1 м на главное фокусное расстояние ( $F$ ) этой линзы, выраженное в метрах.

Оптическую силу принято обозначать буквой  $D$ . Оптические силы указанных выше линз (у одной  $F_1 = 75$  см, у другой  $F_2 = 50$  см) будут

$$D_1 = \frac{100\text{см}}{75\text{см}} = 1\frac{1}{3}, \quad D_2 = \frac{100\text{см}}{50\text{см}} = 2.$$

Если в магазине вы покупаете линзу в 4 диоптрии (так обычно и обозначаются стёкла для очков), то её

главное фокусное расстояние, очевидно, равно

$$F = \frac{100 \text{ см}}{4} = 25 \text{ см.}$$

Обычно, когда обозначают оптическую силу собирающей линзы, то перед числом диоптрий ставят знак « + » (плюс).

Двояковогнутая линза имеет свойство не собирать, а рассеивать лучи. Если обратить такую линзу к Солнцу, то за линзой не получается никакого изображения, — лучи, падающие на линзу параллельным пучком, выходят из неё расходящимся пучком в разные стороны. Если посмотреть через такую линзу на какой-нибудь предмет, то изображение этого предмета кажется уменьшенным. Ту точку, где «сходятся» продолжения рассеянных линзой лучей, называют также фокусом, но этот фокус будет мнимым (рис. 5). Характеристики двояковогнутой линзы определяются так же, как и двояковыпуклой, но они связаны с мнимым фокусом. При обозначении оптической силы двояковогнутой линзы перед числом диоптрий ставят знак «—» (минус). Запишем в сводной таблице основные характеристики двояковыпуклой и двояковогнутой линз.

*Двояковыпуклая линза  
(собирающая)*

Фокус действительный

Главный фокус — точка, где собираются лучи от бесконечно удалённой светящейся точки (или, что то же самое, параллельные лучи).

Изображение — действительное, перевёрнутое. Главное фокусное расстояние считается от оптического центра линзы до главного фокуса и имеет положительное значение.

Оптическая сила положительна.

*Двояковогнутая линза  
(рассеивающая)*

Фокус мнимый

Главный фокус — точка, где пересекаются продолжения расходящихся лучей, идущих от бесконечно удалённой светящейся точки.

Изображение — мнимое, прямое. Главное фокусное расстояние считается от оптического центра линзы до главного фокуса и имеет отрицательное значение.

Оптическая сила отрицательна.

При построении оптических инструментов нередко применяют систему из двух или нескольких линз. Если эти линзы приложены одна к другой, то оптическую силу такой системы можно рассчитать заранее; искомая оптическая сила будет равна сумме оптических сил составляю-

ших линз или, как ещё говорят, диоптрия системы равна сумме диоптрий линз, составляющих её:

$$D_0 = D_1 + D_2.$$

Эта формула даёт возможность не только вычислить оптическую силу нескольких сложенных стёкол, но и определить неизвестную оптическую силу линзы, если имеется другая линза с известной силой.

Пользуясь этой формулой, можно узнать оптическую силу двояковогнутой линзы.

Пусть, например, мы имеем рассеивающую линзу и желаем определить её оптическую силу. Прикладываем к ней такую собирающую линзу, чтобы эта система дала действительное изображение. Если, например, приложив к рассеивающей линзе собирающую в +3 диоптрии, мы получили изображение Солнца на расстоянии 75 см, то оптическая сила системы равна

$$D_0 = \frac{100 \text{ см}}{75 \text{ см}} = \frac{4}{3}.$$

Так как оптическая сила собирающей линзы составляет + 3 диоптрии, то

$$\frac{4}{3} = 3 + x,$$

т. е.

$$x = \frac{4}{3} - 3 = -1\frac{2}{3},$$

где  $x$  — оптическая сила рассеивающей линзы.

Значит, рассеивающая линза имеет оптическую силу в  $-1\frac{2}{3}$  диоптрии. Знак минус именно и показывает, что линза — рассеивающая.

Изменение расстояния от предмета до линзы влечёт за собой и изменение расстояния от линзы до изображения, т. е. фокусного расстояния изображения. Для вычисления фокусного расстояния изображения служит приведённая ниже формула.

Если  $d$  — расстояние от предмета до линзы (точнее, до её оптического центра),  $f$  — фокусное расстояние изображения и  $F$  — главное фокусное расстояние, то

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}.$$

Из этой формулы следует, что если расстояние предмета от линзы очень велико, то практически  $\frac{1}{d} = 0$  и  $f = F$ . Если  $d$  уменьшается, то  $f$  должно увеличиваться, т. е. фокусное расстояние изображения, даваемого линзой, возрастает, и изображение всё дальше и дальше отходит от оптического центра линзы. Значение  $F$  (главного фокусного расстояния) зависит и от показателя преломления стекла, из которого сделана линза, и от степени кривизны

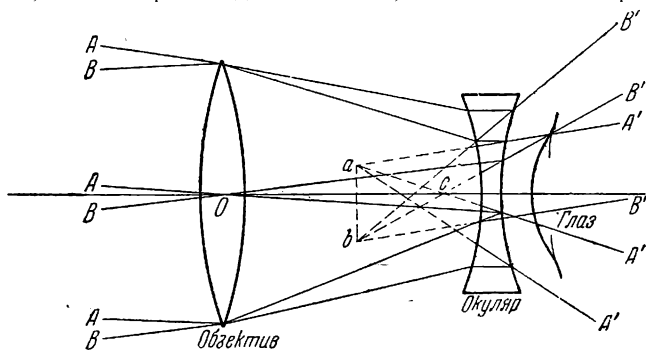


Рис. 6.

поверхностей линзы. Формула, выражающая эту зависимость, такова:

$$F = (n-1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

В этой формуле  $n$  — показатель преломления стекла,  $R_1$  и  $R_2$  — радиусы тех сферических поверхностей, которыми ограничена линза, т. е. радиусы кривизны. Полезно иметь в виду эти зависимости, чтобы даже при поверхностном осмотре линзы иметь возможность судить о том, длиннофокусная ли она (поверхности мало искривлённые) или короткофокусная (поверхности очень заметно искривлённые).

Свойства собирающих и рассеивающих линз используются в зрительных трубах.

На рис. 6 изображена оптическая схема галилеевой зрительной трубы. Труба состоит из двух линз: двояковыпуклой, обращённой к предмету, и двояковогнутой, через которую смотрит наблюдатель.

Линзу, собирающую лучи от наблюдаемого предмета, называют объективом, линзу, через которую эти лучи выходят из трубы и попадают в глаз наблюдателя, называют окуляром.

Отдалённый предмет (не изображённый на рисунке) находится далеко влево, на объектив падают лучи от верхней его точки ( $A$ ) и от нижней точки ( $B$ ). Из оптического центра объектива предмет виден под углом  $AOB$ .

Пройдя через объектив, лучи должны были бы собираться, но двояковогнутое стекло, поставленное между объективом и его главным фокусом, как бы «перехватывает» эти лучи и рассеивает их. В результате глаз наблюдателя видит предмет так, как будто лучи от него идут под большим углом.

Угол, под которым виден предмет невооружённым глазом, есть  $AOB$ , а наблюдателю, смотрящему в трубу, кажется, что предмет находится в  $ab$  и виден под углом, который больше угла  $AOB$ . Отношение угла, под которым предмет виден в зрительную трубу, к углу, под которым предмет виден невооружённым глазом, называется *увеличением* зрительной трубы. Увеличение может быть вычислено, если известны главное фокусное расстояние объектива  $F_1$  и главное фокусное расстояние окуляра  $F_2$ . Теория показывает, что увеличение  $W$  галилеевой трубы равно

$$W = -\frac{F_1}{F_2} = -\frac{D_2}{D_1},$$

где  $D_1$  и  $D_2$ —соответственно оптические силы объектива и окуляра.

Знак минус показывает, что в галилеевой трубе оптическая сила окуляра отрицательна.

Длина галилеевой трубы должна быть равна разности фокусных расстояний объектива ( $F_1$ ) и окуляра ( $F_2$ ).

Так как положение фокуса меняется в зависимости от расстояния до наблюдаемого предмета, то при рассмотрении недалёких земных предметов расстояние между объективом и окуляром должно быть большим, чем при рассмотрении небесных светил. Чтобы иметь возможность установить надлежащим образом окуляр, его вставляют в выдвижную трубку.

На рис. 7 изображена оптическая схема кеплеровой трубы. Предмет (как на рис. 6) находится далеко влево

и виден под углом  $AOB$ . Лучи от верхней и нижней точек предмета собираются в  $O'$  и  $O''$  и, идя дальше, преломляются окуляром. Поместив глаз за окуляром, наблюдатель увидит изображение предмета под углом  $A'SB'$ . При этом изображение предмета будет представляться ему перевёрнутым.

Увеличение кеплеровой трубы:

$$W = \frac{F_1}{F_2} = \frac{D_2}{D_1}.$$

Расстояние между объективом и окуляром в кеплеровой трубе равно сумме фокусных расстояний

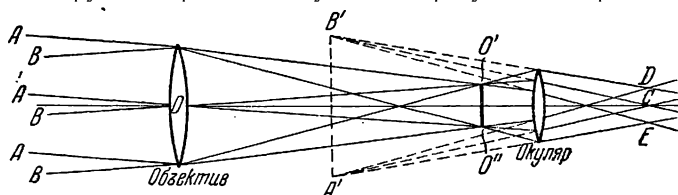


Рис. 7.

( $F_1$ ) и окуляра ( $F_2$ ). Следовательно, кеплерова труба всегда длиннее галилеевой, дающей то же увеличение при таком же фокусном расстоянии объектива. Однако эта разница в длинах тем меньше, чем больше увеличение.

В кеплеровой трубе, как и в галилеевой, предусмотрено передвижение окулярной трубки для возможности наблюдения предметов, находящихся на разных расстояниях.

### § 3. Зрение

Зрительная труба, бинокль и другие оптические приборы, передавая свет в глаз, изменяют ход лучей и увеличивают угол зрения, создавая этим ощущение приближения предметов. Они представляют собой как бы добавление к главному аппарату. Поэтому, знакомясь с устройством оптических приборов, необходимо предварительно изучить и свойства глаза (рис. 8).

Глаз — это тоже оптический аппарат, довольно простой с точки зрения физика. В передней части глаза находится хрусталик — прозрачное студенистое тело, имеющее

форму линзы, утолщённой в середине и утончённой к краям. Поэтому хрусталик имеет свойства собирающей линзы: он даёт изображение предметов на внутренней оболочке глаза, называемой сетчатой оболочкой. Сетчатая оболочка имеет мелкозернистое строение. Она состоит из множества светочувствительных клеток, так называемых палочек и колбочек, соединённых со зрительным нервом, передающим в мозг ощущение света. Уже из этого можно заключить, что острота зрения зависит от свойств хрусталика и размеров колбочек и палочек. На сетчатку от-

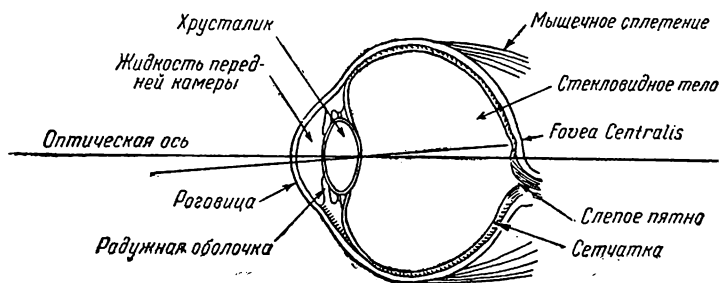


Рис. 8. Разрез человеческого глаза.

брасывается изображение предмета: каждая частица сетчатой оболочки воспринимает упавший на неё свет и затем все сигналы от каждой частицы передаются по нервам в мозг, где они складываются как детали изображения предмета. Размеры палочек и колбочек очень малы (тысячные доли миллиметра), число же их очень велико, около 140 000 000. Главное фокусное расстояние глаза равно в среднем 23 мм. Так как диаметр светочувствительных частиц сетчатки составляет около 0,004 мм, то детали изображения могут быть восприняты, если они на сетчатке не меньше, чем 0,004 мм. Легко рассчитать, что нормальный человеческий глаз может видеть отдельно две точки, если угловое расстояние между ними не меньше 1'.

Большое значение имеет также круглое отверстие перед хрусталиком — зрачок глаза. Чем больше зрачок глаза, тем больше проходит света через хрусталик на сетчатую оболочку. Сама сетчатка не вполне равномерно заполнена колбочками (наиболее чувствительными к цвету) и палоч-

ками (наиболее чувствительными к интенсивности света): на сетчатке имеется так называемое слепое пятно, лишённое колбочек и палочек (здесь проходит зрительный нерв). В средней части сетчатки больше колбочек, в краевых частях больше палочек. Наиболее ясное зрение в средней части сетчатки, наиболее светочувствительное — в краевых частях. Поэтому, чтобы разглядеть наиболее слабые звёзды, бывает выгодно воспользоваться явлением бокового зрения, когда изображение получается на боковых частях сетчатки.

Всё сказанное относится к глазу средних размеров и оптической силы и к тому случаю, когда наблюдаемый предмет далёк от глаза. В действительности предметы могут быть на разных расстояниях от глаза, освещённость их может быть различна, расстояние от хрусталика до сетчатки тоже не у всех людей одинаково (от 21 до 41 мм). Нервная система человека в зависимости от условий освещённости и расстояния меняет диаметр зрачка глаза и фокусное расстояние хрусталика (его кривизну), но лишь в известных пределах. Вне этих естественных пределов приходится пользоваться специальными приспособлениями — очками.

Недостаток зрения, происходящий от того, что хрусталик глаза не собирает лучи так, чтобы действительное изображение предмета падало на сетчатую оболочку, исправляется дополнительной линзой, помещающейся перед глазом (очки). Оптическая сила такой линзы, выраженная в диоптриях, характеризует собой свойства глаза (его близорукость или дальнозоркость).

Если в оптическом инструменте применяется система из нескольких линз, то расчёт оптической силы можно вести по уже указанному правилу: оптическая сила системы равна сумме оптических сил линз, составляющих систему. При рассмотривании предметов в зрительную трубу мы применяем систему линз, состоящую из объектива, окуляра и хрусталика глаза наблюдателя. Поэтому увеличение всякой трубы зависит несколько и от оптической силы глаза наблюдателя. У близоруких людей оптическая сила глаза больше, чем у дальнозорких, поэтому для близорукого труба даёт несколько большее увеличение. Изменение увеличения в этом случае невелико и существенного значения не имеет, но во всяком случае не следует



думать, что близорукость мешает наблюдению в трубу: наоборот, близорукий человек находится в этом отношении в лучших условиях, чем человек с нормальным зрением, и тем более, чем дальнзоркий.

Оптическая сила глаза наблюдателя заметно сказывается на установке окуляра. Близорукий человек должен придвинуть окуляр к действительному изображению в кеплеровой трубе, подобно тому как он придвигает к глазам рассматриваемый предмет. Дальнзоркий же, наоборот, должен отодвинуть окуляр от изображения. Таким образом, выдвижные окуляры необходимы не только для рассматривания предметов на разных расстояниях, но также и для того, чтобы наблюдатель мог установить окуляр соответственно оптической силе своего глаза. Поэтому и в астрономических трубах окуляры тоже делают выдвижными.

Установка окуляра обычно делается во время самого наблюдения, но в некоторых трубах при окуляре имеются деления, указывающие, насколько нужно вдвинуть окулярную трубку в соответствии с оптической силой глаза наблюдателя.

При астрономических наблюдениях очень важна адаптация глаза, т. е. его способность приспособляться к освещению различной интенсивности. Это приспособление происходит как в сетчатке, так и в оптическом аппарате глаза, зрачок которого сокращается при ярком свете и расширяется при слабом. Адаптация происходит не сразу: каждому известно, что после яркого освещения глаз сначала не видит слабо светящихся предметов и начинает их замечать лишь через некоторое время. Полная чувствительность глаза восстанавливается через 60—80 минут, ко практически уже через 5—8 минут можно видеть слабо светящиеся объекты.

При астрономических наблюдениях надо иметь в виду, что слабые звёзды можно видеть не раньше чем через 5 минут после того, как глаз был на свету, и всякий раз, когда наблюдатель смотрит при освещении на звёздную карту или делает запись наблюдения, он должен побыть после этого некоторое время в темноте, чтобы глаз успел вновь приобрести необходимую чувствительность. Поэтому при наблюдениях надо пользоваться слабым фонарём, дающим достаточно света, чтобы можно

было разглядеть карту. Весьма радикальное и полезное средство — одевать на правый глаз чёрный наглазник на резинке (продаются в аптеках), сдвигая его лишь во время наблюдения. Если наблюдение ведётся с биноклем (двумя глазами), то всё-таки адаптированный правый глаз вместе с неадаптированным левым даёт большую общую чувствительность. Автор этих строк много раз применял этот приём при своих наблюдениях очень слабых звёзд, причём всегда достигалась высокая чувствительность глаза без потери времени на адаптацию. Следует ещё заметить, что нельзя делать цветные стёкла в фонаре (например, красные), так как после освещения глаза таким светом, на некоторое время нарушается правильное восприятие цвета (например, цвета звёзд).

#### § 4. Окулярный зрачок и яркость изображения

На рис. 7 изображён ход лучей в кеплеровой трубе. Лучи дают изображение предмета в  $O'O''$ . Если мы дальше проследим их ход, то увидим, что они пересекаются за окуляром в  $DE$ , где получается уменьшенное изображение объектива.

Это уменьшенное изображение объектива принято называть окулярным (выходным) зрачком. При рассматривании отдалённых предметов через трубу окулярный зрачок накладывается на зрачок глаза наблюдателя.

В кеплеровой трубе изображение объектива действительное и находится за окуляром; в галилеевой же трубе — мнимое и находится перед окуляром.

Диаметр окулярного зрачка можно легко вычислить, зная увеличение трубы: диаметр окулярного зрачка равен диаметру объектива, делённому на увеличение. Если обозначить диаметр окулярного зрачка буквой  $p$ , то

$$p = \frac{D_0}{W},$$

где  $D_0$  — диаметр объектива и  $W$  — увеличение.

Измерив окулярный зрачок, можно высчитать увеличение трубы.

В кеплеровой трубе окулярный зрачок можно увидеть, следующим способом: 1) навести трубу на отдалённый предмет и установить окуляр так, чтобы получить резкое

изображение; 2) повернуть трубу так, чтобы она была обращена на дневное небо; 3) поднести к тому месту, где перед этим помещался глаз наблюдателя, матовое стёклышко или промасленную бумажку. Передвигая её вперёд и назад, можно найти такое положение, при котором на ней чётко вырисуется светлый кружочек, — это и есть окулярный зрачок, т. е. уменьшенное изображение объектива. Все лучи, прошедшие через объектив, сосредоточены на площадке окулярного зрачка. Окулярный зрачок имеет ту же форму, что и объектив (если, например, закрыть объектив картоном с квадратным отверстием, то и окулярный зрачок будет квадратом).

При наблюдениях в зрительную трубу зрачок глаза получает тот свет, который проходит через окулярный зрачок. Если зрачок глаза равен окулярному зрачку или больше его, то весь свет, попавший на объектив, воспринимается глазом.

Все небесные тела мы можем видеть благодаря тому, что они испускают или отражают свет. При этом для нашего ощущения безразлично, излучается ли свет непосредственно небесным телом или же оно видно благодаря отражению от него лучей другого небесного тела. Солнце и звёзды сами излучают световую энергию, планеты и Луна отражают лучи Солнца, но все эти небесные тела мы называем небесными светилами. Некоторые из них мы видим как светящиеся диски (Солнце, планеты, Луну), другие — как светящиеся точки (звёзды). Каждое из этих светил излучает энергию по всем направлениям и лишь небольшая часть её попадает в наш глаз и вызывает ощущение света.

Перед тем как приступить к изучению оптики астрономической трубы, надо припомнить законы освещения (подробнее эти законы излагаются в учебниках физики).

Светящееся тело излучает световую энергию по всем направлениям. Мы в дальнейшем будем рассматривать только такой случай, когда излучение во всех направлениях имеет *одинаковую* интенсивность (некоторые источники света, например электрическая лампа, этим свойством не обладают). Общее количество световой энергии, излучаемой источником в единицу времени (например, в одну секунду), называют *световым потоком*. При наблюдениях мы воспринимаем не весь световой поток, а лишь

некоторую его часть, приходящуюся на поверхность нашего зрачка, если мы смотрим невооружённым глазом, или на объектив зрительной трубы, если мы пользуемся зрительной трубой. Таким образом, из всего светового потока вырезается конус, основанием которого является воспринимающая поверхность, а вершиной — источник света.

Перпендикуляр, опущенный из вершины конуса на его основание, называется *высотой* конуса. Угол при вершине называется *телесным углом*; он измеряется отношением площади основания конуса к квадрату высоты. Если высота равна одной линейной единице (например, сантиметру или метру) и основание — одной квадратной единице (например, квадратному сантиметру или квадратному метру), то мы будем иметь единичный телесный угол. Часть светового потока, приходящаяся на единичный телесный угол, т. е. проходящая внутри конуса с телесным углом, равным единице, называется *силой света*.

Представим себе, что источник света находится в центре непрозрачного полого шара с двумя отверстиями, которые могут быть каких угодно очертаний, но различны по вырезаемой ими из поверхности шара площади. Пусть отношение их площадей равно 5. Тогда и отношение количества света, проходящего наружу через эти отверстия, будет равно 5. Когда мы наблюдаем небесные светила, весьма отдалённые от нас (ближайшее — Луна — находится на расстоянии 384 000 км), то мы можем отношение количества света, падающего на объектив, к количеству света, падающего на зрачок глаза, находить из отношения площадей воспринимающих свет поверхностей. Так, если диаметр объектива зрительной трубы 30 мм, а диаметр глазного зрачка 7 мм, то количество света, входящее через объектив, к количеству света, входящего в зрачок глаза (при непосредственном рассматривании), относится как

$$\frac{\pi \cdot 30^2}{\pi \cdot 7^2} = \frac{900}{49} \approx 18.$$

Однако на 1 мм<sup>2</sup> и глаза и объектива приходится в этом случае одинаковое количество световой энергии. Световой поток, падающий на единицу площади, называется *освещённостью*. Представим себе опять источник света, за-

ключённый внутри шара. Сначала возьмём шар радиуса  $R_1$ , а затем шар радиуса  $R_2$ . Обозначим световой поток источника через  $\Phi$ , тогда на единицу поверхности шара радиуса  $R_1$  упадёт часть светового потока, равная

$$E_1 = \frac{\Phi}{4\pi R_1^2}.$$

Для шара радиуса  $R_2$  на единицу поверхности придётся

$$E_2 = \frac{\Phi}{4\pi R_2^2}.$$

Отсюда

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\Phi}{4\pi R_2^2} : \frac{\Phi}{4\pi R_1^2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}.$$

Следовательно, освещённость обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника света. Если бы Земля отдалась от Солнца на расстояние вдвое большее, чем теперь, то количество света, приходящегося на объектив и глаз (т. е. их освещённость), уменьшилось бы в 4 раза, а отношение количеств света, прошедшего через объектив и зрачок глаза, осталось бы прежним.

Представим себе источник света в виде диска. Мы можем измерить силу света его, излучаемую в направлении к наблюдателю. Свет будет излучаться не точкой, а диском, площадь которого равна  $\pi r^2$ , где  $r$  — радиус диска. Значит, количество световой энергии, исходящей от единицы поверхности диска, будет в  $\pi r^2$  раз меньше, чем количество световой энергии, исходящей от всего диска.

Количество световой энергии, испускаемое единицей поверхности источника, перпендикулярной к лучу зрения, называется *яркостью*.

В обычной речи смешиваются два различных понятия яркости и освещённости. Мы называем нередко светящиеся предметы более или менее яркими, разумея на самом деле не яркость, а освещённость от них. Так, например, мы обычно говорим, что Солнце ярче звёзд, хотя яркость его поверхности много меньше, чем яркость некоторых звёзд, которые мы наблюдаем как точки и оцениваем, в сущности, создаваемую ими освещённость. Яркость при изменении расстояния от светила не меняется, а освещённость меняется. Представим себе, что Земля удалась бы от Солнца на расстояние, в 10 раз большее, чем те-

перь. Освещённость оказалась бы тогда в 100 раз меньшей. При этом самый диск Солнца имел бы угловой диаметр, в 10 раз меньший, чем теперь, площадь его была бы в 100 раз меньше. Так как яркость есть световой поток, исходящий с единицы площади, то яркость Солнца осталась бы постоянной. Если источник света не имеет ощутимых размеров, то о яркости его говорить не приходится, можно рассматривать лишь освещённость от него.

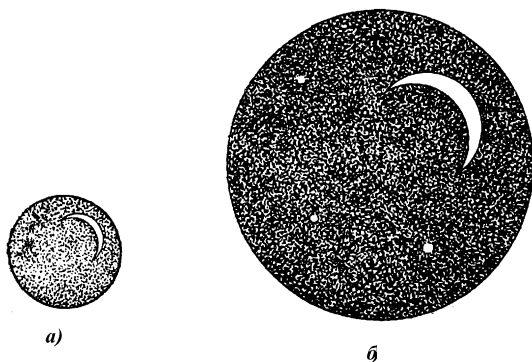


Рис. 9. Небо при рассматривании невооружённым глазом (а) и в бинокль (б). В первом случае фон неба нетёмный, Луна выделяется на этом фоне, звёзды не видны. Во втором случае фон неба темнее, звёзды видны.

Каждая звезда представляется нам светящейся точкой; таким образом, нельзя говорить о яркости звезды. Для характеристики интенсивности излучения звезды вводится понятие *блеска*. Блеск звезды измеряется освещённостью, создаваемой звездой на воспринимающей светочувствительной поверхности. В соответствии с родом этой поверхности говорят о визуальном блеске, если свет звезды падает на сетчатку нашего глаза, о фотографическом блеске, если приёмником света служит фотопластинка, о болометрическом блеске, если свет звезды воспринимается специальным прибором — болометром.

При наблюдении в зрительную трубу небесных светил оказывается, что звёзды, не имеющие ощутимых угловых размеров, представляются более блестящими, кроме того, становятся видны и те звёзды, которые при наблюдении

невооружённым глазом не видны. Если же мы наведём трубу на небесное светило, имеющее ощутимые размеры диска (как, например, Луна), то мы увидим его не более ярким, чем при наблюдении невооружённым глазом (рис. 9).

Обозначим видимый невооружённым глазом угловой диаметр Луны через  $l$ , угловой диаметр, видимый при рассматривании в трубу, —  $L$ , диаметр окулярного зрачка —  $p$ , диаметр объектива —  $D_0$ , и увеличение —  $W$ . Сравним количество света от Луны  $I_2$ , воспринимаемое невооружённым глазом, с количеством света  $I_1$  воспринимаемым через трубу. При этих расчётах мы будем предполагать, что диаметр зрачка глаза равен диаметру окулярного зрачка трубы.

Тогда отношение количеств света  $I_1$  к  $I_2$  мы можем вычислить как отношение площадей объектива и окулярного зрачка. Оно будет

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\pi D_0^2}{4} : \frac{\pi p^2}{4} = \frac{D_0^2}{p^2};$$

так как

$$\frac{D_0}{p} = W, \text{ то } \frac{I_1}{I_2} = \frac{D_0^2}{p^2} = W^2.$$

Следовательно, количество света, получаемое глазом через трубу, пропорционально квадрату увеличения.

Однако, когда речь идёт о небесном светиле, имеющем ощутимый диаметр, следует учесть, что это количество света распределено на некоторую площадь.

Отношение площади диска Луны, видимого невооружённым глазом, к площади диска, видимого в трубу будет

$$\frac{\pi l^2}{4} : \frac{\pi L^2}{4} = \frac{l^2}{L^2} = \frac{1}{W^2}.$$

Следовательно, отношение яркости Луны (и фона неба, на котором мы её видим), видимой невооружённым глазом, к яркости Луны, видимой в трубу, будет равно

$$W^2 \cdot \frac{1}{W^2} = 1.$$

Значит, яркость при рассматривании в трубу теоретически не меняется, практически же она становится несколько меньше вследствие потерь света в самой трубе.

Когда мы наблюдаем в трубу звезду, то освещённость, получаемая нашим глазом от звезды, увеличивается в

$I^2$  раз, а яркость фона неба остаётся неизменной. Поэтому-то точкообразная звезда видна в трубу более блестящей и становятся видимы звёзды, недоступные невооружённому глазу.

На дневном небосводе, как и на ночном, всегда имеются звёзды, но мы их не видим, так как освещённость фона неба, создаваемая Солнцем, слишком велика, чтобы можно было заметить звёзды. По мере того как наступают сумерки, фон неба темнеет, начинают появляться звёзды, сначала самые яркие, потом более слабые и, наконец, когда наступает ночь, делаются видимы все звёзды, блеск которых ещё может ощутить наш глаз.

Фон ночного неба в зависимости от местных условий (запылённость воздуха, туманы, толщина слоя атмосферы над наблюдателем и т. п.) бывает более или менее тёмным, но нигде ещё не наблюдалось полной черноты ночного неба. Различие в темноте неба сказывается на видимости слабых звёзд: в горных местностях можно видеть слабые по блеску звёзды, которые, например, в городских условиях остаются невидимыми. При помощи зрительных труб можно видеть звёзды и днём: причина этого кроется только в том, что глаз получает при наблюдении в трубу большее количество света, фон же неба остаётся неизменным по своей яркости. Если уже при наступлении сумерек посмотреть в бинокль на небо, то можно заметить звёзды более слабые, чем те, которые в это время видимы невооружённым глазом.

Зрачок человека имеет свойство менять свои размеры: при ярком свете он суживается, в темноте, наоборот, несколько расширяется. Зрачок меняется в размерах и в зависимости от того, смотрит ли человек одним глазом или двумя.

Диаметр зрачка равен

	при наблюдении	
	обоими глазами	одним глазом
В полной темноте	7,4 мм	7,5 мм
При дневном свете	2,0 мм	2,0 мм

Предельный размер окулярного зрачка при ночных наблюдениях не должен превышать 7,5 мм. Если он будет больше, то всё равно в глаз попадёт только часть пучка лучей, выходящих из окуляра.



Одна и та же зрительная труба при наблюдениях ночью и днём будет давать различные световые ощущения. Если, например, окулярный зрачок трубы равен 7,0 мм, то ночью глаз получит весь свет, выходящий из окуляра, днём же он получит только

$$\frac{2^2}{7^2} = \frac{4}{49} \approx 0,08,$$

т. е. около 8% света, выходящего из трубы.

Мы уже знаем, что яркость изображения в трубе не может быть больше яркости излучающего светила, которое мы рассматриваем. Если мы обозначим яркость светила, наблюдаемого невооружённым глазом, через  $I_0$ , а яркость его при наблюдении в трубу через  $I_1$  то в лучшем случае, если нет потерь света в трубе,  $I_1 = I_0$ .

На самом деле вследствие потерь света в трубе

$$I_1 = nI_0,$$

где  $n$  — коэффициент полезного действия трубы, во всех случаях меньший, чем 1.

Это рассуждение справедливо при условии, что окулярный зрачок трубы в точности равен зрачку нашего глаза.

Пусть окулярный зрачок трубы имеет диаметр  $h$ , а зрачок глаза — диаметр  $p$ . Яркость при наблюдении в трубу будет

$$I = n \frac{p^2}{h^2} \cdot I_0.$$

При  $p = h$  мы получим  $I = nI_0$ , т. е. ослабление яркости обусловливается только потерями света в трубе. Если  $p$  меньше,

чем  $h$ , то и  $\frac{p^2}{h^2}$  будет меньше единицы (правильная дробь), и яркость при наблюдении в трубу будет ещё меньше от неравенства между окулярным и глазным зрачками. Если  $p$  больше  $h$ , то приведённая формула теряет смысл, ибо всё равно в глаз не может попасть больше света, чем проходит через окулярный зрачок; таким образом будем иметь  $I = nI_0$ .

Отношение  $p^2/h^2$  характеризует *светосилу* трубы; оно прямо пропорционально квадрату диаметра окулярного зрачка. Поэтому светосилу труб и биноклей принято считать численно пропорциональной квадрату диаметра

окулярного зрачка, измеренного в миллиметрах. Такой способ выражения светосилы как бы предполагает, что у всех инструментов потери света одинаковы и у всех наблюдателей всегда одинаковы зрачки глаз, т. е. относится к некоторому среднему инструменту и нормальному глазу. На самом деле эти величины не постоянны и изменяются в известных пределах.

Потери света в оптике трубы обусловлены отчасти поглощением света в стекле, отчасти же отражениями света от поверхностей тех линз, из которых состоит инструмент. Поглощение света в самом стекле невелико — от 0,8 до 2%: оптические стёкла различного приготовления в этом отношении немного отличаются друг от друга. Оптическое стекло поглощает невидимые инфракрасные и ультрафиолетовые лучи. Если стекло зеленовато по цвету, то это происходит вследствие того, что оно поглощает частично и видимые фиолетовые лучи. Заметнее сказывается отражение от поверхностей: от каждой поверхности отражается 3—4% падающего света. Чем больше поверхностей, тем больше такие потери. В призмённом бинокле таких поверхностей много (считая линзы и призмы) и он поэтому поглощает до 43% падающего света, следовательно, у призмённого бинокля  $n=0,57$ . У бинокля без призм  $n=0,83$ . Работами акад. И. В. Гребенщикова найдены способы понижения потерь от отражения. Такие стёкла с пониженным отражением называют «просветлёнными». По внешнему виду они отличаются от обыкновенных: если посмотреть на них несколько сбоку, то они представляются голубоватыми. Исследование «просветлённой» оптики показывает, что потери на отражение снижаются (в зависимости от сорта стекла) во много раз, примерно от 14 до 67 (например, с 6,78 до 0,1%). Поэтому, применяя для астрономических наблюдений бинокль и учитывая его средние данные, следует испытать его путём специальных наблюдений, о чём будет сказано далее.

## § 5. Поле зрения

В зрительную трубу можно видеть некоторую область неба. Эта область ограничивается кругом, называемым объективным «полем зрения» трубы. Поле зрения принято

давать в угловой мере, выражающей, под каким углом была бы видна невооружённым глазом та область неба, которая видна в трубу.

Поле зрения трубы зависит от диаметра трубки, в которую вставлены линзы окуляра, а также от характеристик объектива, в том числе от его фокусного расстояния: чем последнее короче, тем большее получается поле зрения. Обычно поле зрения трубы ограничивается пере-

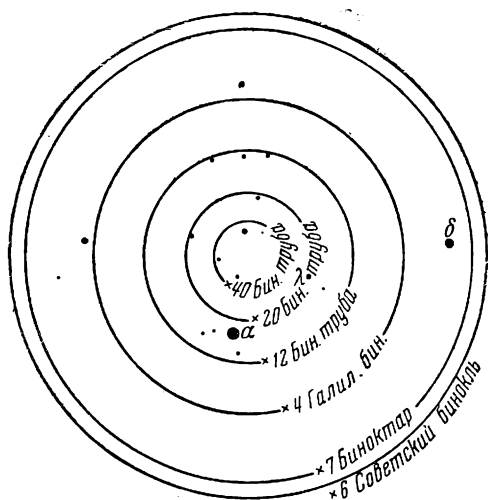


Рис. 10. Поля зрения различных биноклей, наведённых на полюс мира (яркая звезда —  $\alpha$  Малой Медведицы).

городками с круглыми отверстиями—диафрагмами, вставленными внутри трубки.

Назначение диафрагмы — задерживать краевые лучи, идущие от объектива, и отражённые от внутренней части трубки рассеянные лучи (для получения более отчётливых изображений).

Если в кеплеровой трубе диаметр диафрагмы, помещаемой в плоскости главного фокуса, известен, то, зная фокусное расстояние объектива, можно вычислить объективное поле зрения.

Если диаметр диафрагмы обозначим через  $q$ , то радиус поля зрения трубки  $\rho$  вычисляется по формуле

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{q}{2} : F = \frac{q}{2F}.$$

Диаметр поля зрения будет  $2\rho$ .

В кеплеровой системе диафрагмы подбирают по определённым правилам — так, чтобы поле зрения было равномерно ярким.

В трубах галилеевой системы поле зрения всегда получается более ярким в середине и менее ярким у краёв.

Поле зрения галилеевой трубы обратно пропорционально увеличению и тем меньше, чем больше расстояние глаза от окуляра.

В зависимости от назначения и увеличения трубы поле зрения делается различным: в биноклях оно бывает до  $13^\circ$ , в больших же астрономических трубах поле зрения очень невелико и тем меньше, чем больше увеличение (рис. 10).

## § 6. Несовершенства зрительных труб

Обыкновенные линзы не дают совершенного изображения, так как средние и краевые части линзы неодинаково преломляют лучи. Поэтому практически лучи не собираются строго в одной точке. Это явление получило название *сферической аберрации* (рис. 11).

Кроме того, лучи разных цветов даже одна и та же часть линзы собирает не в одной точке. Для каж-

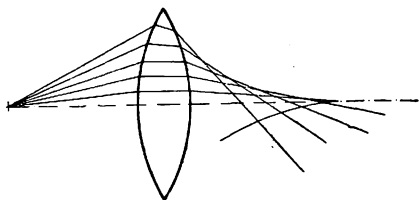


Рис. 11. Сферическая аберрация. Лучи, выходящие из одной точки, не пересекаются в одной точке. Различные точки пересечения лучей лежат на разных расстояниях от центра линзы.

дого цвета имеется свой фокус (рис. 12). Белый луч света состоит из семи основных цветов, поэтому, если простая линза даёт изображение белого предмета резко и ясно в одном из этих цветов, то в других это изображение

расплывчато и около него возникают цветные каёмки. На рисунке показано, как изображение светящейся точки получается резким в плоскости  $AB$  (в фиолетовом цвете) и нерезким, в виде кружков, за этой плоскостью (в жёл-

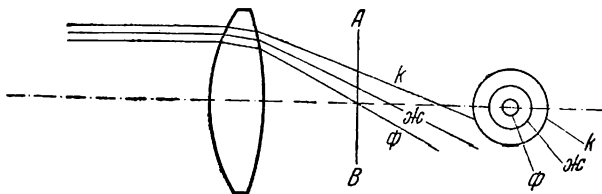


Рис. 12. Хроматическая аберрация. Лучи различных цветов, выходящие из одной точки изображения, не пересекаются в одной точке.

том и красном цветах). Всё вместе даёт расплывчатое радужное изображение. Это явление называют *хроматической аберрацией*.

Сферическую и хроматическую аберрации можно ослабить изменением кривизны поверхностей, составлением объектива из двух линз различных сортов стекла и соответствующим подбором стёкол окуляра.



Рис. 13.

Обычно делают так, чтобы одна из линз объектива была двояковыпуклая, а другая плосковыпуклая или вогнутовыпуклая (рис. 13). Подбирая линзы с различными оптическими свойствами, можно добиться того, что система

этих линз почти не будет обладать хроматической аберрацией.

Ахроматический объектив собирает в одной точке лучи не всех, а лишь каких-нибудь двух-трёх цветов (рис. 13); для зрительных труб линзы подбираются так, чтобы соединялись жёлто-зелёные и голубые изображения, поэтому даже и ахроматические объективы при наблюдении небесных светил дают изображения с синеватым ореолом. Существуют объективы, в которых подбором линз три цветных изображения получаются в одном месте: такие объек-

тивы называют апохроматами; они соединяют в одну точку красные, жёлтые и зелёно-голубые лучи (рис. 14). Эти

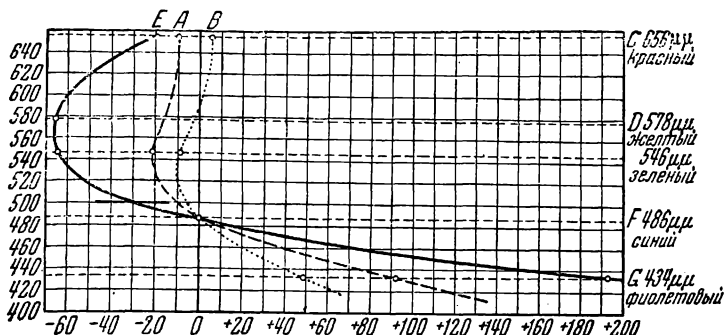


Рис. 14. Кривые, показывающие, на каком расстоянии от фокуса синих лучей лежат фокусы лучей различных цветов (для объективов трёх типов: *A*, *B* и *E*). Внизу отложены расстояния от фокуса синих лучей (в стотысячных долях фокусного расстояния данного объектива для синих лучей). Слева отложены длины волн света, справа указаны соответствующие им названия цветов.

объективы являются до настоящего времени наилучшими, и при наблюдениях с ними изображения ярких предметов видны без цветных каёмок.

«Замечу, что труба должна быть приготовлена с возможной тщательностью, чтобы передаваемое ею изображение представлялось совершенно явственно» (Галилео Галилей. «Звёздный вестник», 1610 г.).

### § 7. Стереоскопическое зрение

Бинокль, как уже было сказано, представляет собой сведенные зрительные трубы. Сдваивание труб выгодно в двух отношениях: во-первых, такая двойная труба даёт впечатление большей яркости наблюдаемых предметов, во-вторых, она даёт лучшее восприятие рельефа. В сущности, при наблюдении в двойную трубу каждый глаз получает то же количество света, как и при наблюдении в одинарную, но в первом случае рассматриваемый предмет представляется более ярким.

Человек, смотрящий двумя глазами, обладает «стереоскопическим зрением», т. е. имеет представление о том, какие предметы ближе, какие дальше от него. Это стереоскопическое зрение обусловлено расстоянием между глазами. Когда мы смотрим на какой-нибудь предмет двумя глазами, то лучи зрения глаз, иными словами, главные оптические оси их, не совпадают; они образуют некоторый угол (рис. 15 и 16).

В каждом глазу получается своё плоское изображение. Оба эти изображения воспринимаются нашим мозгом как одно объёмное.

При данном расстоянии между глазами угол, образованный главными оптическими осями обоих глаз, тем больше, чем меньше расстояние до наблюдаемого предмета. Пусть один глаз находится в точке  $O$ , а другой—в точке  $O_1$  (рис. 15). Очевидно, что

$$\angle OAO_1 < \angle OBO_1 < \angle OCO_1$$

(мы предполагаем, что предметы  $A$ ,  $B$  и  $C$  лежат на главной оптической оси глаза либо близ неё). Этот угол между лучами зрения называется *стереоскопическим смещением* (параллаксом).

Величина стереоскопического смещения воспринимается нашим мозгом, как то или иное расстояние до предмета.

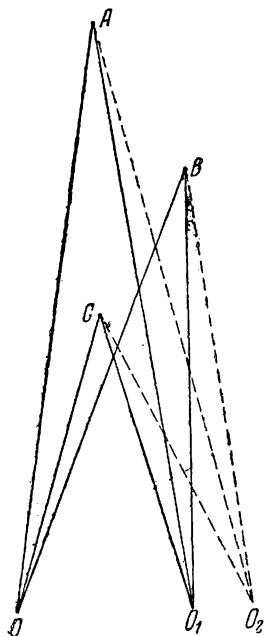


Рис. 15.

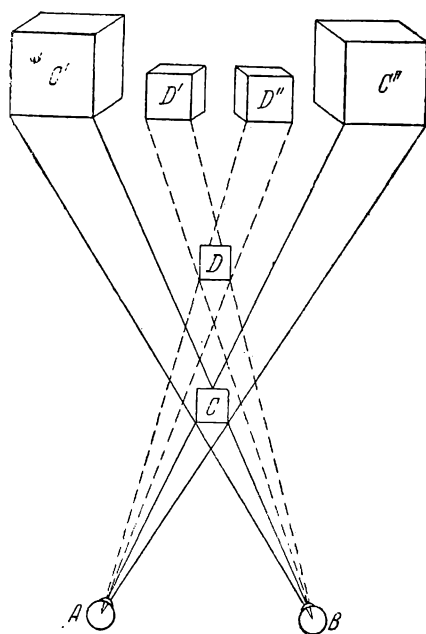


Рис. 16. Рисунок изображает два куба ( $C$  и  $D$ ) на разных расстояниях от наблюдателя и вид их ( $C'$  и  $C''$  и  $D'$  и  $D''$ ) для каждого глаза в отдельности.

Стереоскопическое смещение зависит не только от расстояния до предмета, но и от расстояния между глазами. Если один глаз находится в точке  $O$ , а другой — в точке  $O_2$ , то стереоскопические смещения для предмета  $A$  будут соответственно  $OAO_1$  и  $OAO_2$ . Очевидно, что

$$\angle OAO_1 < \angle OAO_2$$



Для предметов  $B$  и  $C$  также получим:

$$\begin{aligned}\angle OBO_1 &< \angle OBO_2, \\ \angle OCO_1 &< \angle OCO_2.\end{aligned}$$

Таким образом, стереоскопическое смещение тем больше, чем больше расстояние между точками наблюдения.

Наш мозг может воспринимать углы между главными оптическими осями глаз, не меньшие чем  $10''$ . Этот угол называют предельным углом стереоскопического зрения. Предельный угол не для всех людей достигает такой малой величины; для большинства он несколько больше (до  $1'$ ). Отсюда можно вычислить, до какого расстояния простирается стереоскопическое зрение людей. Границу стереоскопического зрения можно считать от 450 до 1350 м (при остром восприятии). В дальнейшем мы будем считать наименьшую границу стереоскопического зрения—450 м. До этого расстояния человек отличает, какие предметы ближе, какие дальше; начиная с расстояния в 450 м, все предметы представляются человеку находящимися на одинаковом расстоянии. Повседневный опыт, на первый взгляд, противоречит этому: глядя на *отдалённый* ландшафт, мы обычно представляем себе, какие предметы ближе, какие дальше на значительно больших расстояниях. Это происходит оттого, что мы знаем из повседневного опыта средние размеры предметов и, видя, например, трёхэтажный дом под таким же углом зрения, как и одноэтажный, решаем, что трёхэтажный дальше. В отношении небесных светил у нас такого непосредственного опыта не имеется, и все они представляются нам удалёнными на одинаковое расстояние, как бы на внутренней поверхности шара, который называют небесной сферой. Если бы мы имели предельный угол стереоскопического зрения в ничтожно малые доли секунды дуги, то мы бы ясно видели, что светила эти неодинаково удалены от нас. Луна бы представлялась очень близкой, Солнце много дальше и самыми далёкими были бы звёзды. Таким образом, восприятие небосвода обусловлено недостаточной чувствительностью нашего зрительно-мозгового аппарата.

Выше уже говорилось, что человек с нормальным зрением воспринимает рельеф местности до расстояния в 450 м. Если к обоим глазам человека приставить зрительные

трубки, то все предметы представляются ему приблизившимися, и расстояние стереоскопического зрения увеличится. При двукратном увеличении зрительных труб предметы, находящиеся на расстоянии 900 м, будут восприниматься как находящиеся на расстоянии 450 м, и дальность стереоскопического зрения, таким образом, удвоится.

Если расстояние между центрами объективов бинокля такое же, как и расстояние между глазами (65 мм), то дальность стереоскопического зрения увеличится во столько раз, во сколько увеличивает бинокль. Если же расстояние между центрами объективов ( $b$ ) больше, то дальность стереоскопического зрения ещё увеличится во столько раз, во сколько  $b$  больше 65 мм.

Следовательно, обозначив увеличение бинокля через  $W$ , мы можем сказать, что дальность стереоскопического зрения будет пропорциональна

$$W \cdot \frac{b}{a},$$

где  $a$  — расстояние между глазами (в среднем 65 мм). Эта величина получила название пластичности бинокля. Пластичность показывает, во сколько раз увеличивается восприятие расстояния при наблюдении в бинокль.

При астрономических наблюдениях с биноклем двойственность его трубок не может увеличить стереоскопичность зрения. Самое близкое от нас светило—Луна—находится на расстоянии 384000 км, т. е. в  $\frac{384000}{0,450} = 850000$  раз

дальше предела стереоскопического зрения невооружённым глазом.

Следовательно, для того чтобы видеть лунную поверхность так же рельефно, как и земную, необходимо иметь бинокль с пластичностью в 850 000, что практически невозможно.

## § 8. Призмennyй бинокль

Двойная кеплерова труба простейшего устройства (т. е. две трубы, соединённые на расстоянии в 65 мм) обладает двумя неудобствами: изображения получаются (как вообще в кеплеровой трубе) перевёрнутыми и, кроме того, труба настолько длинна, что её неудобно держать в руках.

Найден очень простой способ построения двойной кеплеровой трубы — бинокля, позволяющего рассматривать прямые изображения при сравнительно короткой длине трубок и повышенной пластичности.

Это достигается помещением призм между объективом и окуляром в каждой трубке. Наличие призм является характерной особенностью этих биноклей, получивших поэтому название *призменных* (рис. 17).

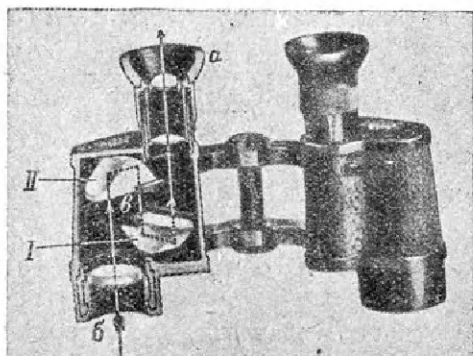


Рис. 17. Ход лучей в призменном бинокле:  
*а* — окуляр; *б* — объектив; *а* — призмы.

Между объективом и окуляром помещают 2 призмы, каждая из которых даёт по два полных внутренних отражения.

От объектива *О* (рис. 18) лучи идут так, что должны бы дать перевёрнутое изображение 2, но призмы *А* и *В* это изображение переворачивают, и при этом оно делается зеркальным, т. е. правая сторона видна слева, а левая справа (4). Кроме того, по выходе из призмы *В* лучи идут в сторону объектива. Если бы ограничиться этими двумя призмами, то наблюдателю пришлось бы стоять спиной к наблюдаемому предмету, да и самый предмет был бы виден, как в зеркале.

Призмы *С* и *Д* переворачивают зеркальное изображение предмета справа налево так, что получается действительное прямое изображение предмета (*б*), которое рассматривается при помощи окуляра.

Таким образом, фокусное расстояние разбито на отрезки  $OM$ ,  $MP$ ,  $PQ$ ,  $QR$  и  $RO'$ , причём часть  $QR$  даёт возможность отставить объектив несколько в сторону от оси зрения.

Для пояснения хода лучей в бинокле на рис. 18 даны последовательные изменения изображения.

Фокусное расстояние объектива  $OMPQRO'$ , соответственно которому пришлось бы построить трубку бинокля,

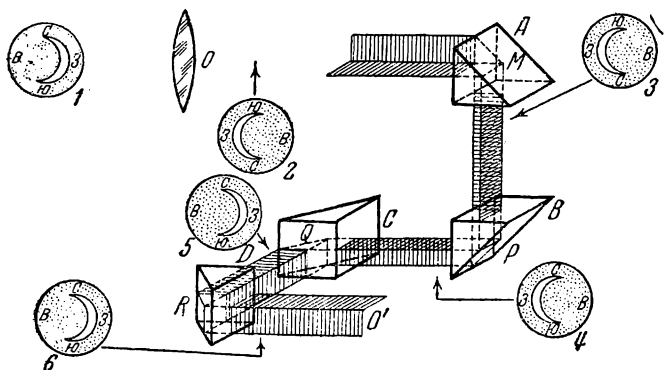


Рис. 18. Схема призмного бинокля.

разделено на перечисленные выше отрезки. Из чертежа видно, что длина трубки сокращается, во-первых, на сумму отрезков  $MP + QR$  и, во-вторых, вместо суммы отрезков  $OM + PQ + RO'$  мы получаем только одну треть её.

Система четырёх призм в бинокле заменяется системой двух призм, причём каждая из них даёт два отражения, иными словами, призма I (рис. 17) заменяет собой призмы  $A$  и  $B$  (рис. 18), а призма II заменяет призмы  $C$  и  $D$ .

Некоторые бинокли делают лишь с одной призмой сложной формы, в которой все лучи четыре раза отражаются внутри призмы.

Каждая из трубок бинокля имеет своеобразную форму (рис. 19) со специальными гнёздами для установки призм. Эта трубка делается обычно из алюминия — металла достаточно лёгкого. На корпусе трубки с одной стороны

привинчена дощечка с отверстием для объектива, с другой стороны такая же дощечка для окулярной трубки.

Обе трубки бинокля соединены шарниром и могут вращаться, сохраняя параллельность своих оптических осей. Благодаря этому можно обе трубки установить так, чтобы расстояние между окулярами сделалось равным расстоянию между глазами. На шарнире со стороны окуляра имеются деления, обозначающие различные междуглазные расстояния, а на объективной стороне есть особый закрепительный винт.

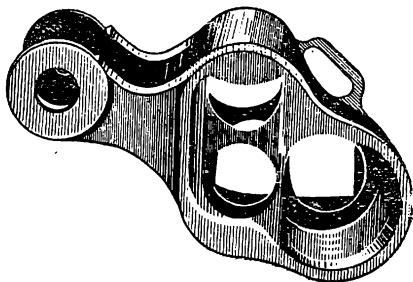


Рис. 19.

Если с биноклем наблюдает один и тот же человек, то он может для себя закрепить расстояние между трубками в одном постоянном положении.

Объективы биноклей делаются ахроматическими, склеенными из двух линз. Обычно оправы объективов выступают из объективной доски. Иногда на оправе бывает насажен выдвигающийся вперёд цилиндр. Назначение этого цилиндра, когда он выдвинут вперёд, предохранять объектив от бокового постороннего освещения.

Оба окуляра бинокля делаются (как и объективы) совершенно одинаковыми. Окуляры эти состоят не из одной линзы, а из двух плосковыпуклых, поставленных на определённом расстоянии друг от друга, причём одна из них ахроматическая.

Обе эти линзы вставлены в трубку, а сама трубка имеет снаружи винтовую нарезку, входящую в такую же нарезку внешней трубки (гильзы), охватывающей первую. Благодаря такому устройству необходимое для наведения на фокус передвижение окуляра выполняется вращением

окуляра, при котором окуляр или приближается, или отдаляется от объектива. На внешней стороне окуляра поставлены деления, а на внешней стороне гильзы сделана отметка, поэтому при вращении окуляра деления проходят перед отметкой (чёрточкой) и каждому положению окуляра соответствует определённое деление (рис. 20).

К окуляру обычно прикреплена трубочка в виде раструба, служащая для того, чтобы предохранять глаз наблюдателя от постороннего освещения и устанавливать глазной зрачок в плоскости окулярного зрачка; она сделана из дерева или каучука и хорошо зачёрнена и отполирована.

У современных призмных биноклей оба окуляра можно вращать, передвигая их тем самым вперёд или назад. Делается это затем, что у многих людей правый и левый глаза различны по своей остроте, и при таком устройстве бинокля каждый окуляр может быть установлен на резкое изображение отдельно. Деления при окуляре, о которых уже было сказано выше, поставлены не произвольно, а рассчитаны так, что поворот на каждое деление соответствует изменению оптической силы на одну диоптрию (см. § 3), причём 0 обозначает установку окуляра для нормального зрения, «+» (плюс) для дальнозорких и «—» (минус) для близоруких. Таким образом, если наблюдатель знает силу своих очков в диоптриях, то он может сразу установить оба окуляра на резкое изображение.

Иногда бинокли устраивают со срединным винтом и только один окуляр делают выдвижным: в этом случае средний винт служит для установки на резкость для одного глаза, а выдвижение окуляра — для другого глаза.

Призмные бинокли изготавливают с увеличением от 3 до 18. Обычно увеличение бывает отмечено на окулярной стороне бинокля числом со знаком умножения ( $\times$ ). Если, например, на окулярной доске вырезано  $\times 6$ , то, значит, бинокль имеет шестикратное увеличение.

В призмном бинокле расстояние между объективами больше чем расстояние между глазами. Пластичность призмного бинокля обуславливается не только его уве-

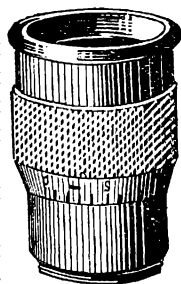


Рис. 20.

личением, но также тем, что расстояние между объективами больше междуглазного расстояния (см. стр. 40).

Поле зрения призмленного бинокля бывает у различных биноклей от 6 до 8°. В биноклях с широкоугольными окулярами объективное поле зрения может достигать (при трёхкратном увеличении) 13°. Диафрагма, помещённая перед окуляром, заранее рассчитывается так, чтобы пропускать все лучи, дающие равномерно яркое поле зрения. Если диафрагму сделать с большим отверстием, то она уже не задерживает краевых лучей; тогда поле зрения оказывается к краям несколько темнее, там же — у краёв — получаются менее резкие изображения.

В некоторых биноклях в поле зрения одного из окуляров бывает помещена шкала, т. е. стёклышко с нарезанными на нём делениями. Эти деления при земных наблюдениях служат для оценки расстояния до наблюдаемого предмета, средняя величина которого (например, рост человека) известна. При астрономических наблюдениях такие шкалы редко бывают нужны, а иногда и вредны, так как стекло, на котором нанесена шкала, вызывает лишнее поглощение, т. е. ослабление света.

## § 9. Типы призмленных биноклей

Ниже приведён список наиболее подходящих для астрономических наблюдений типов биноклей с указанием их характеристик и фабричных наименований. Из этого списка видно, что наибольшее увеличение достигает 18, условная светосила 50,4, поле зрения 8°,5. Однако эти качества не могут быть соединены в одном бинокле. Например, Биноктар имеет увеличение 7, поле зрения 7°,3, причём его светосила может быть целиком использована только для ночных наблюдений.

При выборе бинокля нужно останавливаться на том типе, который наиболее соответствует избранному роду наблюдений (например, для наблюдений слабо светящихся объектов—туманностей, комет — лучше всего Биноктар). Если бинокль предназначается для разнообразных астрономических наблюдений, лучше остановиться на таком типе, который даёт сравнительно большую условную светосилу (около 25) и возможно большее увеличение (6-10).

Следует, однако, иметь в виду, что вес биноклей тоже имеет значение при наблюдениях: с тяжёлым биноклем наблюдать менее удобно. Кроме обыкновенных биноклей, бывают «бинокulares трубы». Такая труба в сущности представляет собой большой призмный бинокль, который уже невозможно держать в руках; поэтому к биноклярной трубе прилагается штатив. Увеличения такой трубы сменные; у неё имеются три окуляра, дающие увеличения  $\times 12$ ,  $\times 20$ ,  $\times 40$ , поле зрения биноклярной трубы невелико (от  $3\frac{1}{2}$  до  $1^\circ$ ). Диаметр объектива 80 мм.

Тип бинокля	Увели- чение	Диаметр объектива в мм	Свето- сила	Поле зрения в градусах
Советский бинокль *) I.....	× 6	30	25	8,5
Биноктар.....	× 7	50	50,4	7,3
Дельфорт.....	× 18	50	7,8	2,8
Биноклярная труба.....	×12	80	16	2,1
	×20			
	×40			
*) Советский бинокль II имеет увеличение × 8.				

Бинокли различных типов изображены на рис. 21 — 24.

Все призмные бинокли изготавливаются очень тщательно. Их части точно пригнаны одна к другой и швы залиты особой мастикой, предохраняющей от проникания внутрь пыли.

Развинчивание бинокля могут выполнять лишь специалисты-оптики.

Некоторые бинокли (например, американские) делаются без заливки швов мастикой и поддаются развинчиванию, поэтому такие бинокли быстро загрязняются.

Бинокль обычно продаётся вместе с футляром и ремнём для ношения его через плечо. К самому корпусу бинокля прикреплены тонкий ремешок и подвижная пластинка, закрывающая окуляры в то время, когда бинокль висит на шее окулярами кверху (рис. 25).

На рис. 26 изображена схема советского бинокля. Наши советские оптические заводы выпускают в продажу



бинокли с шестикратным увеличением, полем зрения  $8^{\circ},5$ , светосилой 25. Вес этого бинокля 500 г. Внутри футляра советского бинокля находятся особые карманы, в которые



Рис. 21. Советский бинокль (с левого окуляра свинчен наглазник).

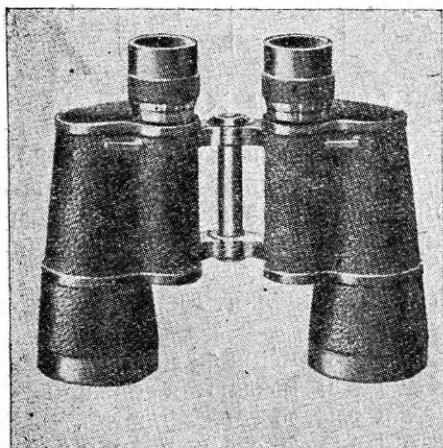


Рис. 22. Биноктар.

светофильтров могут быть иногда светлые ночи). Астрономические наблюдения общего характера следует выполнять без светофильтров.

вложены жёлтые светофильтры, одевающиеся на окуляры. Жёлтые стёкла этих светофильтров весьма полезны при рассматривании отдалённых земных предметов. Стёкла пропускают в глаз наблюдателя главным образом жёлтые и красные цвета, голубоватые же ими ослабляются. Когда мы смотрим на отдалённый пейзаж, то голубоватая дымка воздуха меньше мешает взглянуть в детали его, обычно богатые желтоватыми и зеленоватыми оттенками (почва, растительность). Светофильтры дают возможность заметить на небе даже и слабые, лёгкие облачка, так как голубой фон неба становится в этом случае темнее, а белые облачка ослабляются меньше и выделяются на фоне неба. При наблюдении небесных объектов эти свойства

Советский учёный проф. Д. Д. Максудов изобрёл новую систему зеркальных телескопов. Эта работа проф. Д. Д. Максудова, удостоенная Сталинской премии, открывает большие перспективы не только в области крупных рефлекторов, но и небольших инструментов, в том числе биноклей. Сущность устройства этих инструментов заключается в соединении вогнутого зеркала с вогнутым стеклом-мениском, помещаемым перед зеркалом, на некотором расстоянии от него. Такое соединение устраняет практически все аберрации и предохраняет зеркало от вредных для него внешних воздействий. В настоящее время проф. Д. Д. Максудов уже спроектировал менисковый бинокль, и через некоторое время такие бинокли будут выделяться нашими заводами.

Изображение в этих биноклях получается после отражения от двух алюминированных поверхностей—главного зеркала и обращённой к нему поверхности мениска, вследствие чего изображения получаются прямые. Менисковые бинокли будут легки, невелики, выходной зрачок будет 5 мм (т. е. условная светосила 25), увеличение шестикратное, поле зрения в  $2^{\circ},6$ . Хотя поле зрения и невелико, но для астрономических наблюдений оно вполне достаточно, и поэтому, учитывая другие положительные качества таких менисковых биноклей, можно вполне рекомендовать их для астрономических наблюдений, особенно для наблюдений слабо светящихся небесных объектов (туманностей, комет).

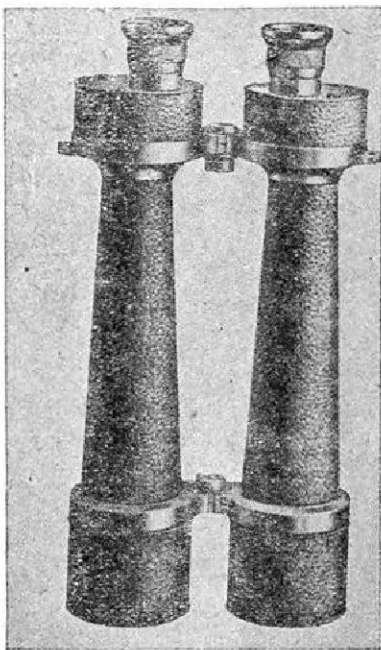


Рис. 23. Дельфорт.

Как со всяким оптическим инструментом, с биноклем необходимо обращаться очень бережно. Как бы ни был

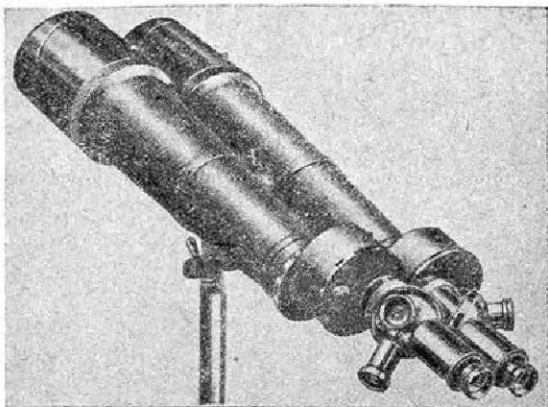


Рис. 24. Биноклярная труба.

он крепко свинчен, в него все-таки со временем может проникнуть пыль; поэтому бинокль должен храниться в футляре или, если футляра при бинокле нет, в особой хорошо закрывающейся коробке.

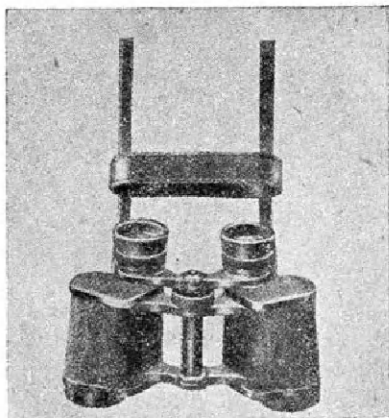


Рис. 25.

Следует помнить, что небольшой сдвиг призм внутри бинокля может изменить направление лучей и тем самым сделать бинокль непригодным для наблюдений двумя глазами сразу. Поэтому призмальный бинокль следует предохранять от толчков и ударов. Шейный ремешок при наблюдениях нужно обязательно перекидывать через шею: он не только

освобождает руки для записи, но и предохраняет бинокль от случайного падения.

С внешней стороны объективы и окуляры следует протирать мягкой отмытой тряпочкой или же чистой марлей.

Развинтить бинокль трудно и даже невозможно обыкновенными средствами (в биноклях некоторые винтовые нарезки делаются с обратным ходом); поэтому, если замечен какой-нибудь беспорядок внутри бинокля (например,

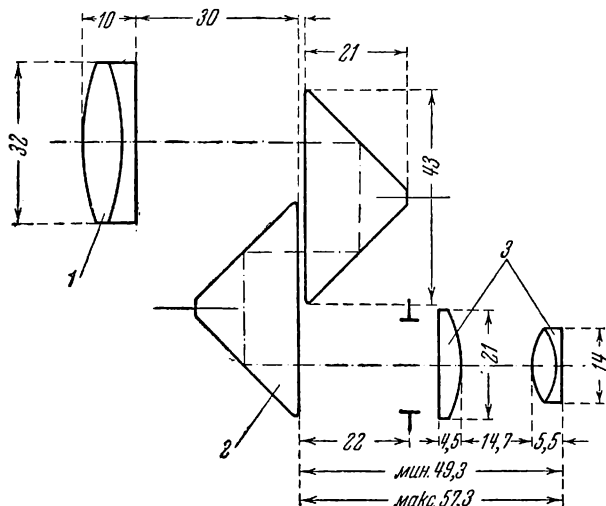


Рис. 26. Устройство призмного бинокля, изготавливаемого в Советском Союзе (копия чертежа, приложенного к набору оптики бинокля): 1 — объектив, 2 — призмы, 3 — система линз, составляющих окуляр. Все размеры даны в миллиметрах.

мутные изображения), лучше обратиться к оптику или к сведущему человеку с просьбой произвести чистку внутри.

Если объективы и окуляры свободно отвинчиваются, то можно предпринять и внутреннюю чистку, но при этом не следует вынимать призмы из гнезд и вообще не сдвигать их с места. В этом случае вполне достаточно мягкой кисточкой счистить пыль изнутри корпуса бинокля и мягкой тряпочкой протереть внутренние поверхности объектива и окуляра, а также обращенные к ним поверхности призм.

## § 10. Определение качеств бинокля

Для каждого бинокля можно произвести расчёт увеличения, условной светосилы и т. д. путём несложных измерений. Достаточно измерить диаметр действующего отверстия объектива, диаметр окулярного зрачка и расстояние между объективами. Об измерении диаметра окулярного зрачка уже было сказано выше.

Диаметр действующего отверстия объектива нужно определять, наложив на него (по диаметру) масштабную линейку, и, глядя с расстояния вытянутой руки, отсчитывать с точностью до миллиметра диаметр свободной поверхности объектива. Расстояние между объективами измеряется тоже масштабной линейкой и отсчитывается по одинаковым краям (левым или правым) объектива, когда его трубки раздвинуты по междуглазному расстоянию наблюдателя.

Так же измеряется и расстояние между окулярами, т. е. междуглазное расстояние.

**Пример.** Сделаны измерения для определения качеств бинокля:

Диаметр объектива .....	30 мм
» окулярного зрачка.....	5 »
Междуглазное расстояние.....	65 »
Междубъективное расстояние.....	112 »
Отсюда получаем:	»

$$\text{Увеличение бинокля} \dots\dots\dots \frac{30 \text{ мм}}{5 \text{ мм}} = 6$$

$$\text{Условная светосила } 5 \cdot 5 = 25.$$

$$\text{Пластичность бинокля: } 6 \cdot \frac{112}{65} = 10,46$$

Таким образом, дальность стереоскопического зрения  $450 \text{ м} \cdot 10,46$ , т. е. немногим больше  $4\frac{1}{2} \text{ км}$ .

После такого вычисления надо испробовать бинокль для определения диаметра поля зрения, качества изображений, параллельности трубок и практической светосилы.

Для определения качества изображений следует навести бинокль на яркую звезду так, чтобы она была в центре поля зрения и, медленно передвигая бинокль, посмотреть, остаются ли изображения звезды неизменными и на краях поля зрения.

Полезно второй раз сделать это, сдвинув окуляр с резкой установки, причём изображения звёзд должны обратиться в правильные кружочки или равномерно яркие, или наподобие светлых концентрических колец. Изображения звёзд в центре поля зрения и на краях при вполне хорошем объективе должны быть одинаковыми и во всяком случае оставаться одинаковыми, считая от центра до  $\frac{2}{3}$  радиуса поля зрения.

Параллельность трубок бинокля легко проверить, наведя бинокль сначала на отдалённый предмет, а затем на светлый фон неба. Если трубки параллельны, то края поля зрения (правого и левого) должны точно совпадать.

Практическую светосилу бинокля следует определять по видимости звёзд Северного полярного ряда, причём одновременно можно проследить и равномерность яркости поля зрения. Для этого нужно определить предельную видимость звёзд не только в центре поля зрения, но и на краях.

Все определения качества изображений, светосилы, поля зрения надо провести для каждой трубки отдельно, смотря в них всё время одним и тем же глазом (например, правым).

Чтобы определить величину поля зрения, надо, смотря в бинокль на какие-либо отдалённые предметы, заметить по ним края поля зрения, а затем оценить угловое расстояние между этими замеченными точками, но уже глядя невооружённым глазом. В этом случае наиболее трудна оценка углового расстояния невооружённым глазом. Поэтому лучше всего для такого определения выбрать какое-либо созвездие и затем, отметив пределы его, видимые в бинокль, по звёздной карте рассчитать объективное поле зрения. На рис. 10 дан участок неба с центром в полюсе мира и указаны поля зрения некоторых биноклей. Пользуясь этим рисунком можно определить поле зрения любого бинокля.

Прежде чем начать пользоваться биноклем для наблюдения, надо отметить необходимую для резкого изображения установку окуляров и раздвиг трубок бинокля. Чтобы найти установку на резкое изображение, следует, наведя бинокль на отдалённый предмет, закрыть один глаз, а для открытого глаза подвинтить окуляр до тех пор, пока изображение не станет чётким: таким же образом нужно

поступить с другим глазом. После этого, смотря обоими глазами, надо сдвигать и раздвигать обе трубки бинокля вокруг среднего шарнира до тех пор, пока два поля зрения не сольются в одно общее, и оба глаза перестанут испытывать напряжение при рассматривании наблюдаемого предмета. Иногда случается, что после отдельной установки для каждого глаза, при одновременном рассматривании, чувствуется, что ещё нужно слегка передвинуть окуляр до получения полной отчётливости. В этом случае надо передвигать тот окуляр, через который смотрит глаз, более отличающийся от нормального; при этом следует смотреть обоими глазами. Если, например, оптическая сила правого глаза исправляется очками в  $-3D$ , а левого в  $-3,5D$ , то левый более отходит от нормы, чем правый, и окуляр надо подправлять именно для него.

Когда все эти установки выполнены, нужно записать число диоптрий для правого и левого глаз, а также и раздвиг бинокля (по шкале на шарнире).

Некоторые определения, специально астрономические, будут указаны дальше.

## § 11. Галилеевский бинокль

Галилеевский бинокль менее совершенен, чем призмennyй. Нередко галилеевские бинокли называют театральными, и действительно, эти бинокли обычно применяются в театре, хотя в настоящее время для этой цели изготавливаются и специальные призмённые. Галилеевский бинокль состоит из двух труб, соединённых не на шарнире, а с помощью двух металлических пластинок, вследствие чего изменять междуглазное расстояние в этом бинокле невозможно: обычно бинокли эти изготавливают для нормального междуглазного расстояния.

Передвижение окуляров производится вращением кружка с винтовой нарезкой, причём передвигаются оба окуляра одинаково; поэтому при таком бинокле приходится мириться с не вполне резкой установкой для одного глаза.

Увеличение галилеевских биноклей обычно невелико: от 2 до 7 раз. Иногда делают бинокли с переменным увеличением. Перемена увеличений достигается тем, что имеется несколько окуляров, вращающихся перед трубкой,

и поворотом особого колёсика сбоку можно поставить желаемое увеличение. Таких сменных увеличений бывает не более трёх.

Иногда и в галилеевских биноклях устраиваются приспособления для установки резкости для каждого глаза отдельно, а также для изменения расстояния между окулярами (рис. 27).

Советская промышленность выпускает галилеевские бинокли как со средним винтом, так и с выдвижными окулярами.

Поле зрения галилеевских биноклей очень невелико (обычно не превышает  $5^\circ$ ) и к тому же, как это уже указывалось, неравномерно ярко: к краям яркость резко уменьшается.

Условная светосила галилеевских биноклей вообще довольно велика — от 25 и выше. Благодаря отсутствию внутренних призм и меньшему количеству линз в окуляре прозрачность галилеевских биноклей больше, чем призмменных.

Таким образом, галилеевский бинокль во многих отношениях уступает по своим качествам призмменному, но и с ним можно хорошо осмотреть многие небесные области и особенно (вследствие большой его светосилы) слабо светящиеся туманности и кометы.

В галилеевском бинокле окулярный зрачок нельзя измерить непосредственно, так как он мнимый. Поэтому при определении характеристики такого бинокля следует измерить сначала его увеличение и поле зрения посредством наблюдения в бинокль. Если увеличение известно, то измеряем диаметр объектива и путём деления диаметра объектива на увеличение находим диаметр окулярного зрачка. Так же как и для призмменного, для галилеевского бинокля можно вычислить светосилу днём и ночью (принимая во внимание изменение диаметра зрачка глаза).



Рис. 27.



## **§ 12. Выбор бинокля для астрономических наблюдений**

Для астрономических наблюдений более или менее пригодны бинокли всех систем и типов, но наиболее подходящими являются призмённые.

Так как призмённые бинокли бывают различных типов, то из них при возможности выбора можно остановиться на некоторых как на наиболее подходящих.

Все астрономические наблюдения можно подразделить на такие группы: 1) наблюдение звёзд; 2) наблюдение Солнца; 3) наблюдение Луны и планет; 4) наблюдение комет и туманностей.

Для наблюдения звёзд лучше всего выбирать бинокль с большим диаметром объектива и с возможно большим увеличением.

При наблюдении яркого Солнца и Луны можно применять бинокли с небольшим диаметром объектива, но с возможно большим увеличением.

Для наблюдения комет и туманностей нужна главным образом большая светосила, увеличение же всё равно не может быть в бинокле настолько велико, чтобы можно было рассмотреть подробности этих объектов.

Поэтому для подобных целей свободно можно поступить увеличением, лишь бы была большая светосила.

В редких случаях один наблюдатель располагает разнообразными биноклями, поэтому следует останавливаться при выборе на таком бинокле, который совмещал бы в себе по возможности все эти качества.

Наиболее удачным в этом смысле оказывается советский бинокль с увеличением в 6 раз, с диаметром объектива 30 мм и, следовательно, с условной светосилой в 25. Бинокли со светосилой выше 49, в сущности говоря, бесполезны, так как ночью, даже при расширившемся зрачке глаза, эта светосила всё равно превышает то, что в состоянии воспринять глаз. Во всех случаях, конечно, выгодны бинокли с возможно большим полем зрения.

## **§ 13. Установка бинокля**

При астрономических наблюдениях приходится присматриваться довольно долго; руки, держащие бинокль, естественно устают, дрожат, и это мешает всмотреться в рассматриваемый объект.

Сравнение наблюдений с биноклем в руках и с биноклем, установленным на штативе, показывает, что во втором случае можно разглядеть звёзды почти на  $1/2$  звёздной величины менее яркие, чем в первом. Спутников Юпитера почти невозможно наблюдать, держа бинокль в руках, между тем как с установленным биноклем они прекрасно видны (при увеличении только в 6 раз).

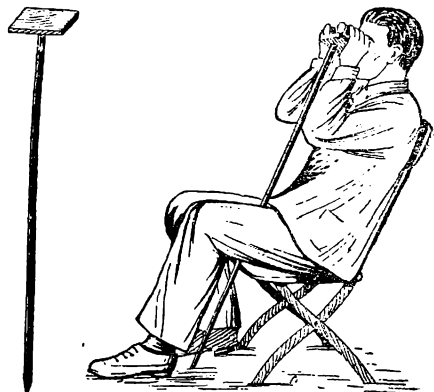


Рис. 28.

Поэтому при наблюдениях необходимо позаботиться об устойчивости бинокля. Сделать это можно различными способами: если невозможно устроить одно из приспособлений, которое будет описано дальше, то наблюдать следует, оперев руки локтями на что-нибудь устойчивое, например спинку стула, на котором сидит наблюдатель. Наблюдать вообще следует сидя, а не стоя.

Самое простое приспособление, поддерживающее руки при наблюдениях, это — палка с перекладиной наверху (рис. 28). Наблюдатель упирает палку концом в землю, кладёт руки, держащие бинокль, на перекладину и спокойно ведёт наблюдения. Такую подставку легко сделать самому. Можно воспользоваться также веткой с развилиной; если развилина широко раскрыта (можно её несколько отогнуть), — получится вполне удобная подставка.

Когда нужно сосредоточить внимание на слабо светящемся небесном объекте (например, при наблюдении кометы) и глаз не сразу выделяет его на фоне неба, то теряется много времени на его новое отыскание, если наблюдателю приходится отрываться для того, чтобы справиться со звёздной картой или сделать запись. Поэтому полезно иметь такую установку бинокля, при которой он сохраняет неизменным своё положение и в промежутки между наблюдениями.

Лёгкие алюминиевые штативы для биноклей (рис. 29), навинчивающиеся на фотографическую треногу, приспособлены более для земных наблюдений, чем для астрономических, так как при больших наклонах бинокля получается неуравновешенность всей системы.

Автором этих строк разработан штатив, специально приспособленный для астрономических наблюдений, и об-



Рис. 29.

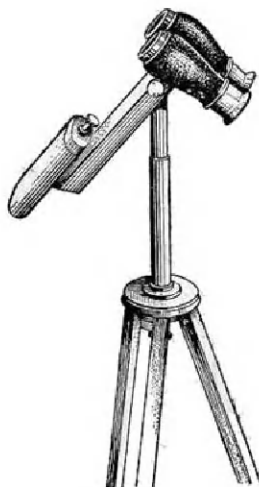


Рис. 30.

разец этого штатива, технически рассчитанный В. В. Поповым, был изготовлен в мастерских Центрального научно-исследовательского института политехнического образования. Этот штатив (рис. 30) представляет собой полую трубку, привинчивающуюся к фотографической треноге. В эту трубку входит другая; в верхней части её на зажимном винте укреплены две параллельные пластинки. На верхней части этих пластинок находится специальное приспособление для закрепления бинокля, а в нижней части — ящик, в который вкладывается батарейка для карманного фонаря с выведенными проводами; там же оставлено свободное место для свинцовых грузиков. Ящик с батареей служит противовесом к биноклю, так что при любом наклоне его вся система уравновешена. Провода от батарейки могут (через выключатель любой

конструкции) присоединяться к лампочке, служащей для освещения записной тетради. Вся установка выполнена из металла.

Подобную же установку можно сделать самому из дерева (рис. 31) без металлических трубок. Приспособление для закрепления бинокля на штативе (рис. 32) состоит из деревянного столика и пропущенного через него болтика с гайкой. Между доской и гайкой находится изогнутая металлическая пластинка, прижимающая бинокль к доске.

Для закрепления бинокля отвинчиваем гайку, снимаем пластинку, накладываем бинокль на столик так, чтобы болтик проходил между трубками бинокля, и затем, наложив пластинку, слегка завинчиваем гайку. Благодаря тому что металлическая пластинка несколько пружинит, вполне возможно раздвинуть надлежащим образом трубки бинокля.

Прикрепление штатива к фотографической треноге легко выполнить, врезав в нижнюю его часть гайку с такой же нарезкой, как и у винта треноги. К гайке надо заранее припаять железную круглую пластинку с круглым отверстием посередине (по диаметру винта) и тремя маленькими отверстиями для шурупов.

Бинокль на этом штативе легко установить в надлежащем положении, немного отвернув боковую гайку и повернув бинокль вокруг вертикального стержня.

При отсутствии треноги этот штатив можно устанавливать просто на вертикально воткнутой в землю палке с цилиндрическим верхним концом. В этом случае нижний диск не нужен.

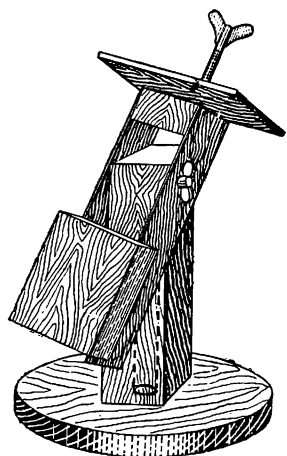


Рис. 31. Деревянный самодельный штатив для бинокля. На рисунке видны: диск, навинчивающийся на треногу; цилиндрический стержень (показан пунктиром), выходящий из диска; брусок с просверленным цилиндрическим отверстием; столик для укрепления бинокля; ящик для противовесов (батарейки и грузов).

При астрономических наблюдениях с биноклем на объективы бинокля иногда нужно надевать различные приспособления (диафрагмы, призмы и т. п.).

Для этой цели следует сделать по размерам оправы бинокля две дощечки с круглым вырезом, оклеенным

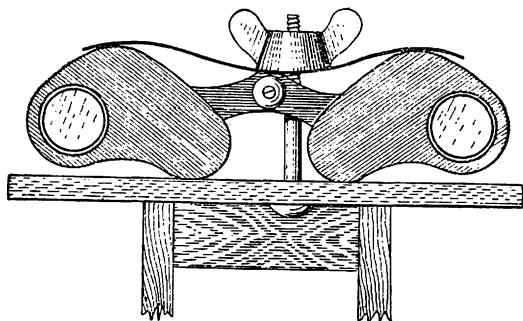


Рис. 32.

внутри мягкой материей (бархат, плюш, сукно), и с пазами (рис. 33). Назначение этих пазов будет пояснено при описании отдельных видов наблюдений.

Дощечки должны быть пригнаны так, чтобы их можно было плотно надевать на оправу объектива.

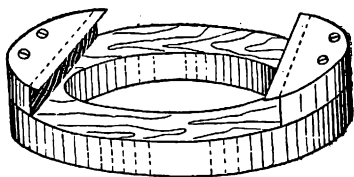


Рис. 33.

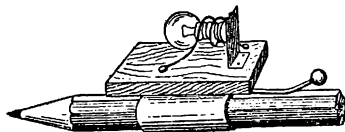


Рис. 34.

При ночных астрономических наблюдениях необходимо освещение для выполнения записей. Это освещение можно устроить, прикрепив концы проводов от противовеса к карманному фонарю, освобождённому от батарейки. Можно сделать специальную лампочку, одевающуюся на карандаш. Для этого на небольшой дощечке надо смонтировать самодельный свитый из проволоки патрончик для мало-

вольтной лампочки (рис. 34) и привинтить эту дощечку к держателю для карандаша. Вокруг лампочки нужно сделать абажурчик, чтобы свет от неё не попадал в глаза, а лишь освещал бумагу. Выключатель делается при штативе. Лампочка будет служить не только для освещения (записи, но и вообще для освещения в нужных случаях (например, при переноске штатива и т. п.).

#### § 14. Повышение увеличения бинокля

В некоторых случаях желательно и возможно (по качествам объектива) повысить увеличение бинокля. Увеличение бинокля, как уже говорилось, вычисляется по формуле

$$W = \frac{F}{f}.$$

Следовательно, для повышения увеличения бинокля нужно или увеличить фокусное расстояние объектива, или уменьшить фокусное расстояние окуляра.

В астрономических трубах обычно имеется набор окуляров, которые можно менять по желанию. В биноклях такого приспособления нет, и остаётся единственная возможность: уменьшить фокусное расстояние окуляра добавлением к нему двояковыпуклой линзы. Вследствие этого увеличение бинокля делается большим.

Такой двойной окуляр нужно будет несколько ближе передвигать к объективу. Этому может воспрепятствовать существующий предел перемещения окуляра бинокля. Предел определяется числом положительных диоптрий, на которые передвигается окуляр (обычно около 15 диоптрий). Следовательно, можно (для нормального глаза) добавить линзу в 15 диоптрий. При этом, конечно, несколько ухудшится качество изображений и сузится поле зрения, но увеличение станет большим.

Можно сделать подсчёт выигрыша увеличения с добавочной линзой. Как известно из оптики, оптическая сила  $D_0$  системы двух линз (если они приложены одна к другой) равна сумме оптических сил составляющих. Увеличение зрительной трубы можно представить:

$$W = \frac{D_2}{D_1},$$

где  $D_2$  — оптическая сила окуляра, а  $D_1$  — оптическая сила объектива.

Если мы к окуляру с оптической силой  $D_2$  добавляем линзу с оптической силой в  $D'_2$ , то

$$D_0 = D_2 + D'_2.$$

Увеличение бинокля при окуляре с добавочной линзой:

$$W_1 = \frac{D_2 + D'_2}{D_1}.$$

Отношение увеличений:

$$\frac{W_1}{W} = \left( \frac{D_2 + D'_2}{D_1} \right) : \frac{D_2}{D_1} = \frac{D_2 + D'_2}{D_2} = 1 + \frac{D'_2}{D_2}.$$

Обычно окуляры имеют оптическую силу в 40 диоптрий. Если  $D'_2 = 15$  диоптриям, то повышение увеличения

будет  $\frac{15}{40} = 0,375$ , а отношение увеличений 1,375, т. е.

близкое к 1.

Большее увеличение можно получить несколько иным путём.

Если, наведя бинокль на Солнце, за окуляром поместить на некотором расстоянии листок белого картона или бумаги, то можно заметить, что на нём получается действительное изображение Солнца, которое можно сделать резким путём передвижения или окуляра, или белого экрана (рис. 35). При этом изображение получается тем большего размера, чем дальше экран от окуляра.

Полученное таким образом изображение будет больше того действительного изображения, которое даётся объективом бинокля перед окуляром и рассматривается в окуляре. Понятно, почему оно получается увеличенным: действительное изображение, даваемое объективом, отбрасывается окуляром так же, как диапозитив в проекционном фонаре отбрасывается на экран объективом фонаря (действительное изображение, полученное от объектива, находится от окуляра на расстоянии ближе его двойного фокусного и дальше его фокусного расстояния). Такой способ получать увеличенное изображение светила называют окулярным увеличением.

Это увеличенное изображение можно, в свою очередь, рассматривать при помощи двояковыпуклой линзы (лупы), которая будет как бы вторым окуляром. Лупа помещается

от изображения на расстоянии, меньшем, чем её фокусное расстояние. Конечно, в этом случае неминуемы некоторая потеря в светосиле и сужение поля зрения, но при отсутствии иных возможностей можно использовать и этот способ для наблюдения ярких светил. Новое увеличение, которое получается этим способом, нельзя делать очень большим, но для ярких светил допустимо увеличение в 15 — 20 раз (в зависимости от основного увеличения бинокля). Чтобы с таким приспособлением было удобно наблюдать, нужно и бинокль и второй окуляр укрепить на доске и заранее произвести расчёт расстояния, на котором должен быть помещён второй окуляр. Если известны фокусные расстояния объектива и окуляра, а также расстояние между ними, то можно сделать расчёты, пользуясь формулами оптики, но эти данные не всегда бывают известны обладателю бинокля с достаточной точностью, да и бинокль в большинстве случаев нельзя разобрать на части. Поэтому эти расчёты можно сделать опытным путём, измерив величину окулярного изображения Солнца на различных расстояниях от бинокля.

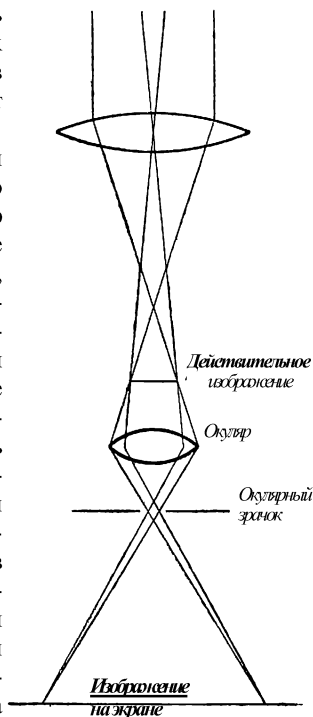


Рис. 35.

Для этой цели на доске длиной около 1 м надо укрепить бинокль и, наведя его на Солнце, получить изображение светила на экране, на котором следует нанести деления через 1 мм (можно употребить для этой цели миллиметровую бумагу). Оперев доску на какую-нибудь подставку, чтобы бинокль был обращён к светилу, ставим экран на различных расстояниях от окуляра, устанавливая при этом окуляр так, чтобы получилось вполне рез-



кое изображение Солнца, и записываем всякий раз диаметр получающегося изображения и расстояние от окуляра. По полученным данным надо построить график и по этому графику можно рассчитать уже всю установку.

При построении графика следует иметь в виду, что нанесённые точки должны бы располагаться так, чтобы все они лежали на одной прямой линии. На самом деле, вследствие неизбежной неточности отсчётов точки будут отклоняться от прямой линии то вверх, то вниз. Наложив линейку на чертёж, надо отыскать такое её положение, чтобы её край проходил среди всех точек, наименее от них отклоняясь. Это всегда можно сделать, оценивая на-глаз отклонения.

**Пример.** Для расчёта окулярного увеличения с шестикратным призмным биноклем сделан ряд измерений диаметра изображения Солнца.

Расстояние от окуляра в см	37	55	73,5	90	116
Диаметр изображения в см	2	3	4	5,2	6,4

По существу дела (из окуляра выходят прямолинейные лучи) график должен быть прямой линией. Если вычислить отношение расстояний и сравнить его с отношением диаметров

$$55:37=1,45; \quad 3:2=1,50,$$

то получается разница в 0,05, объясняемая неизбежными неточностями измерения.

Если нужно рассчитать расстояние, на котором изображение будет иметь диаметр 3,5 см, то это можно сделать либо по графику, либо из пропорции

$$37:x=2:3,5, \quad x=\frac{3,5 \cdot 37}{2}=65 \text{ см.}$$

Так как измеряются диаметры изображения Солнца, угловой диаметр которого  $0^{\circ},5$ , то, исходя из этого, можно рассчитать фокусное расстояние  $F$  того объектива, который дал бы изображение полученного размера.

При этом, принимая, что длина дуги в  $1^{\circ}$  составляет  $\frac{1}{57,3}$  радиуса, можно ввиду малости угла хорду считать за дугу.

Если длину дуги в  $1^\circ$  обозначить через  $C$ , то

$$C = \frac{1}{57,3} F.$$

Тогда

$$\frac{1}{2} C = \frac{1}{114,6} F.$$

Из наших измерений следует, что диаметр изображения Солнца равен  $3,5$  см, т. е.

$$\frac{1}{2} C = 3,5.$$

Следовательно,

$$3,5 = \frac{1}{114,6} F.$$

откуда  $F = 3,5 \cdot 114,6 = 401,1$  см.

Иными словами: получив окулярным увеличением изображение Солнца диаметром в  $3,5$  см, мы как бы применяем объектив с фокусным расстоянием в  $4$  с лишним метра.

При дальнейших расчётах следует исходить от фокусного расстояния той линзы, которая будет служить вторым окуляром. Рассматривая такую линзу как окуляр с фокусным расстоянием  $F$ , можно вычислить, каково должно бы быть фокусное расстояние объектива для получения требуемого увеличения.

Затем указанным выше способом можно вычислить размер изображения Солнца и, пользуясь графиком, найти расстояние нашего нового окуляра от первого (при бинокле).

Пример. С линзой в  $+20D$  желательно получить увеличение бинокля в  $25$  раз.

Фокусное расстояние нашей линзы

$$\frac{1}{20} = 0,05 \text{ м} = 5 \text{ см}.$$

Фокусное расстояние объектива, который при помощи линзы (второго окуляра) должен дать увеличение  $25$ :

$$5 \text{ см} \cdot 25 = 125 \text{ см}.$$

При таком объективе диаметр изображения Солнца должен быть  $\frac{125 \text{ см}}{114,6} = 1,1 \text{ см}.$

Самый прибор можно построить примерно так, как это указано на рис. 36. На доске бинокль укрепляется таким же способом, как указано было раньше при описании подставки к биноклю. В доске надо сделать ряд отверстий сантиметров через пять одно от другого и, когда будет рассчитано наиболее выгодное положение бинокля, привинтить дощечку из нетолстой фанеры, которая, служа упором биноклю, будет его удерживать от боковых поворотов. На конце этой основной доски прикрепляется под прямым углом вторая дощечка с двумя прорезами

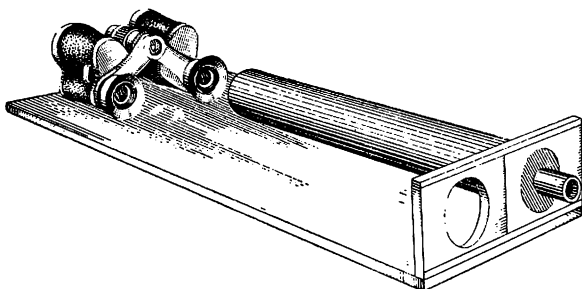


Рис. 36.

диаметром около 3 см и с таким расчётом, чтобы центры прорезов приходились как раз против центров окуляров. В эти прорезы можно вдвинуть картонные трубки с двояковыпуклыми стёклами, служащими вторыми окулярами (рис. 36).

Можно поступить и иначе: устроить пазы, в которые будет вдвигаться дощечка со вторыми окулярами — такое устройство даёт возможность легко менять окуляры, если все они будут вправлены в одинаковые дощечки соответствующего размера.

Если имеется два вторичных окуляра, то в эту своеобразную астрономическую трубу можно смотреть двумя глазами, как в бинокль; если имеется один вторичный окуляр, то другая половина бинокля может быть использована для того, чтобы легче наводить всё приспособление на объект наблюдения (не следует забывать, что поле зрения при таком устройстве становится меньше, и поэтому труднее нацеливаться на светило: вторая трубка бинокля в этом случае может служить трубкой-искателем).

Всё приспособление может быть привинчено к основному штативу так же, как привинчивается сам бинокль.

Чтобы посторонний боковой свет не мешал при наблюдениях, нужно пространство между окуляром бинокля и вторичным окуляром закрыть с боков либо картонной вычерненной внутри трубкой, либо тёмной материей.

Так как объектив бинокля рассчитан на увеличение  $\times 6$ , то, конечно, изображения при наблюдениях с увеличительным приспособлением будут несколько хуже обычных. Ухудшение изображения происходит главным образом из-за хроматической аберрации \*): изображение получается с цветной каёмкой. Чтобы устранить или, вернее, ослабить этот недостаток, наблюдения можно вести через жёлтое стекло. Жёлтое стекло, не пропуская синих лучей, даёт одноцветное жёлтое изображение, но зато уничтожается недостаточная резкость, объясняемая тем, что глаз видит одновременно и резкое жёлтое и нерезкое синее изображения.

Установку на резкое изображение можно производить передвижением как окуляра бинокля, так и вторичного окуляра. При начале наблюдений надо передвигать окуляр бинокля, а окончательную установку выполнять вторичным окуляром.

Увеличение галилеевского бинокля можно повысить, пользуясь приспособлением, описанным А. И. Глазыриным (Уфимский педагогический институт). Идея приспособления заключается в том, что двояковыпуклая линза (объектив бинокля) вместе с двояковогнутой составляет как бы одну двояковыпуклую линзу, но с большим фокусным расстоянием.

Такая комбинация линз представляет собой телеобъектив с переменным фокусным расстоянием. Изменение фокусного расстояния достигается благодаря передвижению окуляра. В сущности мы в этом случае имеем систему из двух линз; оптическую силу этой системы уже нельзя вычислять по указанному ранее правилу (сумма диоптрий), так как это правило относится к линзам, при-

---

\*) В бинокле объектив рассчитан и построен для шестикратного увеличения; у него всё-таки есть небольшая хроматическая аберрация, которая становится заметной при большем увеличении. К тому же второй окуляр, особенно, если он не ахроматический, даст сам хроматическую аберрацию.

ставленным (без промежутка) одна к другой. Оптическая сила системы двух линз с промежутком вычисляется по формуле

$$D_0 = D_1 + D_2 - D_1 D_2 \cdot s,$$

где  $s$  — расстояние между линзами.

Из формулы видно, что изменение расстояния между линзами меняет и фокусное расстояние системы.

Если  $s = 0$ , т. е. линзы соприкасаются поверхностями, то получается приведённая уже формула  $D_0 = D_1 + D_2$ .

При помощи телеобъектива можно получить изображение Солнца на экране.

Понятно, что, поставив близ фокальной плоскости двояковыпуклую линзу, ею можно, как окуляром, рассматривать полученное действительное изображение.

Следует иметь в виду, что описанный способ даст ещё большую хроматическую aberrацию, чем предыдущий, так как в галилеевском бинокле окуляр не ахроматический.

Пробовать эти установки лучше всего при наблюдении Луны, но ни в коем случае не следует смотреть на Солнце, большая яркость которого может серьёзно повредить зрение. Если при такой пробе оказывается, что увеличение можно (в сторону большего) или должно (в сторону меньшего) изменить, то следует сделать и ещё новую пробу (до тех пор, пока не получится достаточно удовлетворительный результат).

## § 15. Самодельная труба из оптики бинокля

Остановимся теперь несколько подробнее на устройстве самодельной трубы из стёкол, составляющих бинокль.

В некоторых магазинах продаётся набор оптики бинокля. Он составляется из бракованных стёкол, но брак, существенный при изготовлении высококачественных биноклей, не так велик, чтобы из этих стёкол нельзя было сделать зрительную трубу (нередко брак заключается в нестандартных размерах стёкол). Набор состоит из двух линз для объектива, трёх линз для окуляра и двух призм.

Для построения зрительной астрономической трубы призмы не нужны: отсутствие призм в трубе даже улучшает её качество, так как меньше света теряется на отражение и поглощение в них. В этом случае через

трубку проходит около 75% всех падающих лучей, т. е. на 10% больше, чем в трубе с призмами.

Линзы объективов и окуляров продаются несклеенными, между тем как в бинокле они всегда склеены канадским бальзамом. Благодаря склейке канадским бальзамом, преломляющим свет почти так же, как и стекло, потеря света меньше, чем при несклеенных стёклах (вследствие отсутствия дополнительного отражения).

Поэтому при устройстве трубы из оптики бинокля надо постараться склеить стёкла, как указано в чертеже, прилагаемом к набору. Канадский бальзам—жидкая смола.

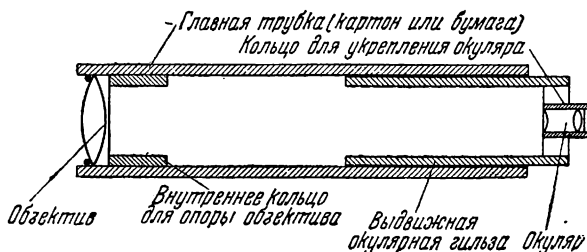


Рис. 37.

При склеивании стёкол этим бальзамом нужно поместить одно стекло на горизонтальную поверхность, в середину его положить взятую из склянки при помощи стеклянной палочки каплю бальзама и осторожно наложить другое стекло. Своим весом оно сожмёт каплю и заставит канадский бальзам растечься тонким слоем между обоими стёклами.

В таком положении надо осторожно перенести оба стекла в какую-нибудь чистую коробку и держать её в сухом помещении до тех пор, пока бальзам не засохнет.

Если после высыхания бальзама обнаружатся какие-нибудь недостатки, склеивание придётся повторить, отмыв тщательно бальзам (толуолом или ксилолом).

Самую трубу лучше всего свернуть из плотной бумаги (ватмана или александрийской), проклеивая каждый слой обыкновенным канторским клеем. Склеенная таким способом труба получается очень прочной и жёсткой. Внутри неё следует сделатьдвигающуюся окулярную трубку и

кольца для вставки объектива. Внутренность трубы нужно вычернить. Объектив вставляется в переднюю часть трубы, опирается на внутреннее кольцо и закрепляется свёрнутой в кольцо, слегка пружинящей проволокой (рис. 37.). Порядок изготовления такой: 1) кольцо для объектива и окулярная трубка (по размерам окуляра), 2) общая труба, 3) окулярная гильза, 4) деревянный круг с прорезом для окулярной гильзы. Как кольцо для опоры объектива, так и деревянный круг с гильзой плотно вставляются в соответствующие трубки и при этом приклеиваются столярным клеем или синтетиконом.

Все части надо тщательно пригнать одну к другой. Сделанную таким образом трубу можно закрепить на описанном выше штативе.

Если не имеется канадского бальзама, то можно просто скрепить линзы, положив на их края смазанную клеем полоску бумаги или переплётного колленкора.

## **§ 16. Приспособление бинокля для фотометрии и фотографии**

Для измерения блеска светил в астрономической практике применяют особые инструменты — астрофотометры. Принцип устройства астрофотометра состоит в следующем. В поле зрения трубы благодаря отражению от стеклянной пластинки видно освещаемое искусственным светом небольшое отверстие в непрозрачной пластинке. Яркость этого отверстия можно изменять по желанию и притом отсчитывать, во сколько раз его яркость ослабляется или усиливается.

При наблюдении в трубу в поле зрения видны и наблюдаемое светило и «искусственная звезда» (освещённое отверстие). Наблюдатель изменяет освещение до тех пор, пока искусственная звезда не сравняется по блеску с наблюдаемым светилом. Если до этого сделано такое же сравнение со звездой, блеск которой известен или принят за единицу, то отсчёты по шкале изменения освещения дают возможность найти блеск наблюдаемого светила.

В бинокле технически невозможно ввести искусственную звезду внутрь трубки бинокля, но её можно поместить перед объективом.

Если перед объективом бинокля поставить двояковыпуклую линзу, то, глядя через соответствующую трубку бинокля на предмет, находящийся на расстоянии, равном фокусному расстоянию линзы, мы увидим его резкое увеличенное изображение. Пользуясь этим, мы можем расположить перед объективом линзу, а за ней (на расстоянии главного фокуса линзы) пластинку с очень малым отверстием, закрытую молочным или матовым стеклом, и небольшую лампочку, питаемую от батареи при штативе. Всё это вместе даст нам возможность видеть в одну трубку бинокля искусственную звезду, в другую — звёздное небо. Обе картины будут сливаться в одну, и мы будем видеть естественные звёзды и искусственную одновременно.

Чтобы было удобно прикреплять это небольшое сооружение на объектив, нужно заготовить деревянную дощечку,двигающуюся в кольцо, одеваемое на объектив (описание выше). В деревянной дощечке делается круглое отверстие, в которое вставляется дополнительная линза. На дощечку надеваются дведвигающиеся друг в друга трубки. В конце второй трубки закрепляется пластинка с отверстием, перед которой находится молочное стекло, а за ней лампочка. Если и лампочка сделана передвижной, то блеск такой искусственной звезды будет меняться по закону обратной пропорциональности квадрату расстояния.

Изменение блеска искусственной звезды удобнее получать, применяя фотометрический клин, изготовление которого будет описано далее.

Фотометр в вышеописанном виде несколько неудобен по двум причинам: 1) не всякому удаётся соединить в единую картину два разных изображения (в одном окуляре — небо, в другом — искусственная звезда), 2) длинная надставка громоздка и неудобна при наблюдениях. Оба эти недостатка легко устранить, если закрывать фотометром одну половину объектива и установить призму полного внутреннего отражения — тогда фотометр будет расположен не по направлению трубки бинокля, а перпендикулярно к ней. Лучше всего выполнить всё приспособление так, как это изображено на рис. 38.

*В* — вкладная дощечка в объективное кольцо, в ней сделан круглый прорез, приходящийся против объектива;



$P$  — призма;  $C$  — доска с круглым отверстием, в которое вставлена короткофокусная линза  $D$ ,  $E$ —две трубки, входящие одна в другую; на конце одной из них находится оправа и вставлены ширма с малым отверстием  $P$ , молочное стекло и голубоватое стекло. К этой оправе присоединена трубка  $G$ , в которую входит деревянный цилиндр  $H$  с наклеенной миллиметровой шкалой и лампочкой. Когда это приспособление надето на объектив, то, глядя в окуляр, мы будем видеть светящееся отверстие, блеск которого будет тем меньше, чем дальше лампочка

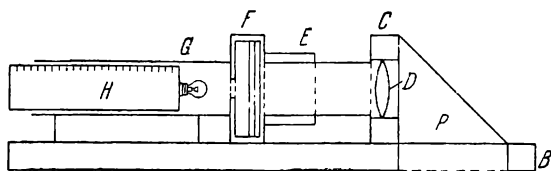


Рис. 38.

от ширмы. Передвигая лампочку, можно добиться равенства блесков этой искусственной звезды и изображения подлинной.

При таком устройстве в один и тот же окуляр будут видны изображения обеих звёзд (искусственной и подлинной).

Изображение отверстия видимо в окуляр сильно увеличенным, поэтому его следует делать очень маленьким, с ровными краями. Если сделать такое отверстие не удалось, то в окуляр будет виден светлый кружок, яркость которого можно сравнивать с яркостью туманностей, звёздных скоплений или размытых (при сдвинутом окуляре) изображений звёзд.

При таких наблюдениях надо применять общий метод сравнения: наблюдать не только светило, яркость которого измеряется, но обязательно и два других, яркости которых известны, причём делать не менее четырёх наведений.

Для измерения яркости астрономами применяется фотометрический клин; он полезен во многих фотометрических работах и при наблюдениях очень ярких светил,

слепающих глаза (Солнца, очень яркой в полнолуние Луны). Ввиду этого далее даётся описание изготовления такого клина.

Фотометрический клин представляет собой полосу стекла, на одном конце которой поглощение света очень сильно, на другом же конце чрезвычайно слабо, причём от одного конца к другому поглощение постепенно увеличивается. Такие клины делаются на оптических заво-

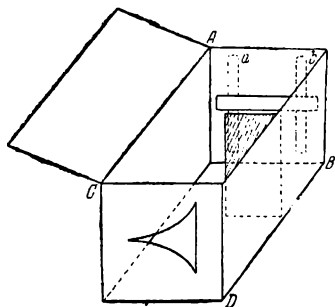


Рис. 39.

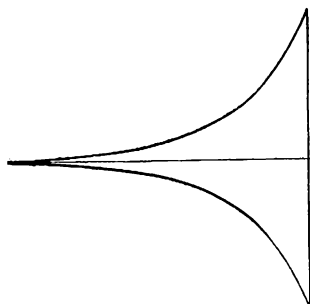


Рис. 40.

дах из двух стёкол: одного тёмного и одного светлого. Оба стекла сошлифовывают клиньями и накладывают одно на другое противоположными концами. Любитель может изготовить себе фотоклин на фотографической пластинке в ящике Кинга (рис. 39). Этот ящик имеет в двух противоположных стенках два прореза: один в виде логарифмического клина (рис. 40), другой в виде полоски. Посередине установлена ширма, разделяющая ящик пополам. В различных местах узкого прямоугольного прореза получается и различное освещение. Если, осветив клиновое отверстие (которое должно быть для равномерности прикрыто матовым стеклом или даже белой бумагой), приложить к прямоугольному прорезу фотографическую пластинку или плёнку, то после проявления и фиксирования её на ней получится градация почернений, соответствующая фотоклину. Остаётся вырезать алмазом этот фотоклин, прикрыть его такой же полоской из чистого стекла (чтобы не портился желатиновый слой) и заклеить по краям.

Размеры ящика следует выбрать такими, чтобы по одной грани уместилась в высоту кассета с пластинкой  $9 \times 12$  см (можно и  $6 \times 9$  см, но тогда клин будет не длиннее 8 см). Длина ящика должна быть по крайней мере вдвое больше нижней стороны грани  $AB$ . Внутри ящик следует вычернить. В грани  $CD$  сделать точный прорез трудно. Лучше прорез сделать треугольным, несколько большим, чем клиновидное отверстие. Клиновидный прорез надо по шаблону сделать в чёрной плотной бумаге и затем её наклеить на грань  $CD$ . Длина клина 10 см.

На грани  $AB$  необходимо изготовить прижим, хотя бы при помощи резинового шнура ( $a$  и  $b$ ) кассеты. Тогда её можно передвигать вверх и вниз, чтобы на одной пластинке получить несколько фотоклиньев. Если полуширма стоит в середине, то клин будет длиной в 10 см. Ширму можно поставить ближе к пластинке,— тогда фотоклин будет соответственно короче.

Для изготовления таких фотоклиньев лучше применять пластинки низкой чувствительности и проявлять проявителем, не дающим желтоватой окраски негативу.

Для освещения клиновидного отверстия применяется обыкновенная электрическая лампа (на расстоянии не ближе 1 м). Экспозиция зависит от чувствительности Пластинки и находится методом проб. Готовый клин должен быть с одного конца совершенно прозрачным. При проявлении и фиксировании с ним нужно обращаться очень аккуратно, так как фотоклин с царапинами и пятнами не годится для измерений. Когда клин изготовлен и заклеен по внешнему краю, к нему следует прикрепить миллиметровую шкалу с оцифровкой.

Определение поглощения клина можно сделать или лабораторным способом, или по наблюдениям звёзд.

Если при бинокле имеется описанный выше фотометр, то градуировку фотоклина сделать нетрудно: надо затемнять искусственную звезду фотоклином до тех пор, пока она не станет такого же блеска, как стандартная (из Северного полярного ряда), и при этом заметить деление фотоклина по шкале. Наведя бинокль на целый ряд стандартных звёзд различного блеска и всякий раз делая отсчёты по шкале, можно получить зависимость между делениями шкалы и звёздными величинами и построить график этой зависимости так же, как и при

наблюдениях переменных звёзд. Если такого приспособления нет, то можно поступить и иначе: гасить при помощи фотоклина звёзды разного блеска, замечая каждый раз деления шкалы. Этот способ менее точен и для каждой стандартной звезды следует делать не менее 10 наведений и из них найти среднее.

При возможности передвижения лампочки можно градуировать фотоклин по одной и той же звезде: один раз, уравнивая яркость движением фотоклина, другой раз передвижением лампочки (удалив фотоклин). Если ток, питающий лампочку, постоянен, то такой способ наиболее надёжен.

Астрономия для исследования небесных светил широко применяет фотографирование, причём оно выполняется не только специальными инструментами, но и фотографическими камерами, предназначенными для обыкновенной земной съёмки.

Фотоаппарат, неподвижно установленный с открытым на несколько минут объективом, даст на фотографической пластинке изображение звёзд в виде чёрточек, так как за время экспозиции все звёзды передвинутся. При чувствительных пластинках и большом диаметре объектива за 1 минуту на фотографии получатся чёрточки звёзд до 4-й, а иногда и 5-й звёздной величины.

Чтобы получить фотографии неба, в астрономических обсерваториях применяют специальный часовой механизм,двигающий камеру. К камере для контроля её движения присоединяют астрономическую трубку. Контроль выполняется путём наблюдения звезды на кресте нитей.

Имея фотоаппарат и бинокль с сеткой, можно построить приспособление для фотографирования неба, при этом самому придётся двигать аппарат соответственно движению небесной сферы. Такое приспособление условимся называть экваториальным столиком. Он изображён на рис. 41.

Экваториальный столик представляет собой две доски, установленные на наклонной подставке. Наклон её должен, быть равен  $90^\circ$  минус широта места. Для Москвы он составляет  $34^\circ$ .

Подставка может быть сделана в виде призмы из лёгких фанерных досок. В верхней её части устанавливается

гладкий металлический штифт, выдающийся над доской на высоту 2 см. На этот штифт надевается первая доска, в верхней части которой проделано отверстие с диаметром, равным диаметру штифта. В нижней части в край доски упирается винт, обойма которого прикреплена к краю подставки. На эту доску одевается вторая такая же доска с винтом, пропущенным перпендикулярно сквозь доску. Обойма этого винта скреплена со второй доской.

Боковой винт служит для медленного поворота доски соответственно движению небесных светил. Стоячий винт служит для изменения наклона доски.

Подставка при работе устанавливается на горизонтальном столе (можно также привинчивать к фотографическому штативу) так, чтобы

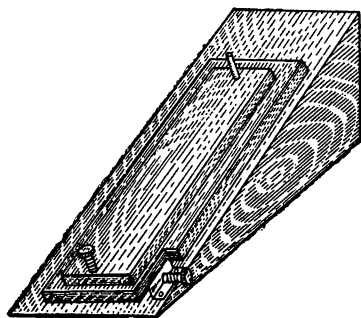


Рис. 41.

край её шёл по направлению плоскости небесного меридиана. Если на верхнюю доску установить фотоаппарат и штатив с биноклем, то их можно направить на любую область неба. Установив на кресте нитей какую-нибудь из звёзд той области, на которую наведён фотоаппарат, начинают очень медленно вращать винт, следя, чтобы звезда не сходила с перекрёстка нитей.

Когда пальцы руки нашли нужный темп вращения винта, можно открыть затвор объектива и продолжать вращать винт во всё время экспозиции, контролируя положение звезды на нити. Если звезда начнёт сходить с перекрёстка вверх или вниз, нужно действовать упорным винтом, поднимая или опуская доску.

Предельная продолжительность экспозиции в этом случае зависит от терпения наблюдателя. Следует заметить, что уже при экспозиции в  $1/2$  часа можно рассчитывать получить (в зависимости от объектива и пластинок) на фотографии изображения звёзд, не видимых невооружённым глазом.

Если в поле зрения бинокля нет сетки нитей (служащей для контроля передвижения доски), то можно ис-

пользовать описанное выше приспособление для астрофотометрии. Вставив вместо ширмы зачернённую фотопластинку (или плёнку) с процарапанными по слою перекрёстными прямыми линиями, всё приспособление надевают на один объектив. Глядя обоими глазами, увидят и звёзды и перекрёсток светлых линий, с помощью которого можно осуществить необходимый контроль.

Фотографируя звёздное небо, можно получить интересный материал для изучения характера изменения яркости переменных звёзд вследствие того, что на фотографии звёзды получаются тем большими кружочками, чем они ярче. Фотоаппарат вместе с биноклем может быть применён для получения фотографий в увеличенном размере.

Если перед объективом фотоаппарата поставить бинокль окуляром к объективу фотоаппарата, то на матовом стекле последнего получится изображение предметов, увеличенное во столько раз, каково увеличение бинокля (при условии, что окуляр бинокля установлен для наблюдения далёких предметов). Этим можно воспользоваться для получения увеличенных фотографий Луны и Солнца.

На экваториальном столике надо установить на особой дощечке фотоаппарат с закреплённым перед ним биноклем. Так как при этом будет использована только одна трубка бинокля, то другую можно использовать для наведения на светило.

Экспозиция при фотографировании Луны может достигать  $1/2$  секунды, при фотографировании Солнца нужно сильно задиафрагмировать объектив аппарата и брать очень короткую экспозицию (сотые доли секунды). Фотографии ярких светил (Луны, Солнца) можно получить и при помощи установки, показанной на рис. 36.

Негативы астрономических фотографий изучают, рассматривая их в лупу или микроскоп. Если есть две фотографии одной и той же области неба, снятые одновременно (с промежутком в несколько дней или больше), то по ним можно изучать изменения блеска звёзд и, если посчастливится, — найти новую, ещё неизвестную переменную звезду.

Для удобного и лёгкого сравнения двух негативов их устанавливают в рамке один перед другим, чтобы их можно было рассматривать на просвет.

Вместо того чтобы смотреть то на одну, то на другую фотографию, что и утомительно и отнимает много времени, можно устроить из бинокля «астрокомпаратор» (прибор для сравнения астрономических негативов).

Перед каждым объективом бинокля укрепляют линзу с фокусным расстоянием в 5—6 см. Закрепить линзы можно так же, как это делалось при устройстве фотометра.

Установив бинокль на подставке, подвигают оба негатива так, чтобы в левую и правую трубки бинокля были видны одни и те же звёзды на каждом из негативов.

Если посмотреть сразу в обе трубки бинокля (как обычно), то обе картины сольются в одну.

Если на одном из негативов какая-нибудь звезда получилась ярче или есть изображение какого-нибудь светила, не имеющегося на другом негативе, то при таком рассматривании сразу двумя глазами (или попеременно, закрывая то один, то другой глаз) это различие сейчас же станет заметно.

Таким путём можно очень легко заметить переменность звёзды, малую планету или комету.





У греков Большая Медведица называлась «колесницей», у римлян «семь волов», у нас на Дону её зовут «чепигой», в северных частях СССР некоторые народы зовут её «лось».

Неизменность взаимного расположения звёзд и созвездий и их суточное движение привели к выводу о существовании небесной сферы, вращающейся вокруг оси («небесного вала» — в Илиаде), причём эта небесная сфера предполагалась материальной.

Развитие астрономии заменило эти представления иными. Вместо материальной небесной сферы мы теперь представляем себе математическую небесную сферу, радиус которой может быть какой угодно, так как просто и удобно углы, которыми мы измеряем расстояния светил на небе, переносить на поверхность сферы в виде соответствующих дуг. Ось вращения называется *осью мира*, а точки пересечения оси мира со сферой — *полюсами небесной сферы* (полюсами мира). Большой круг небесной сферы, лежащий в плоскости, перпендикулярной к оси мира, называется *небесным экватором*.

Небосвод мы теперь можем представлять как видимую нами половину небесной сферы.

Большой круг небесной сферы, проходящий через полюсы мира и *зенит* (точку пересечения отвесной линии с небосводом), называется *меридианом*; он пересекает горизонт в точках *юга* и *севера*. В северном полушарии точка севера находится в той же стороне, что и видимый (северный) полюс мира.

Во всех местах земного шара, за исключением полюсов, всякое светило вследствие суточного вращения небесной сферы дважды в сутки пересекает меридиан. Прохождение светила через меридиан называется его *верхней* или *нижней кульминацией*. В момент верхней кульминации светило находится наиболее высоко над горизонтом (между полюсом и точкой юга).

Полный оборот небесная сфера совершает за 23 часа 56 минут 4,091 секунды среднего солнечного времени. Когда не требуется такая точность, то можно считать, что продолжительность полного оборота, называемого звёздными сутками, на 4 минуты короче солнечных суток.

На рис. 42 схематически изображены небесная сфера, горизонт и небесный меридиан.

Небо вращается как одно целое, взаимное положение звёзд не меняется (мы можем не считаться в этом случае с очень малыми их взаимными перемещениями), поэтому для указания положения звёзд на небесной сфере принят способ, похожий на тот, которым пользуются в географии для указания положения какого-либо места на поверхности Земли, — метод сферических координат. Это даёт возможность указать положение всякой звезды или иного светила и давать наглядное изображение всего неба или его частей в виде звёздных карт. В географической системе координат положение всякого пункта на Земле определяется его долготой (дугой между данным меридианом и начальным, считаемой по экватору) и широтой (дугой от экватора до данного пункта, считаемой по меридиану). В системе небесных координат, связанных с небесной сферой, применяется такой же способ. Положение светила на поверхности небесной сферы указывается дугой, считаваемой по небесному экватору, между большим кругом, проходящим через светило и полюсы (кругом склонения), и таким же кругом, принятым за начальный. Эта координата аналогична долготе, но в астрономии её называют *прямым восхождением*. Вторая координата, аналогичная широте, показывает угловое расстояние (по кругу склонения) светила от линии экватора; её называют *склонением*. Прямое восхождение считают в направлении, противоположном суточному вращению (если смотреть с северного полюса — против движения часовой стрелки), и обозначают буквой  $\alpha$ . Склонение считают положительным (+) в направлении к северному и отрицательным (—) к южному полюсу и обозначают буквой  $\delta$ .

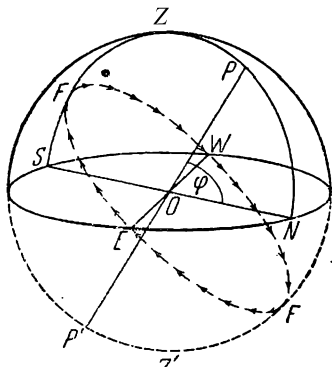


Рис. 42. Основные точки и круги на небесной сфере.  $SWNE$  — горизонт;  $SZPN$  — меридиан;  $FF$  — небесный экватор,  $PP'$  — ось мира;  $P$  — северный полюс мира;  $P'$  — южный полюс мира;  $Z$  — зенит;  $Z'$  — надир;  $S$  — точка юга;  $W$  — точка запада;  $N$  — точка севера;  $E$  — точка востока.

Таким образом, на поверхности небесной сферы построена сетка небесных координат, которые называют *экваториальными* (рис. 43).

И склонения и прямые восхождения считаются в угловой мере; единицей измерения служит угловой градус с его подразделениями. Однако в астрономии оказалось более удобным выражать прямое восхождение в единицах времени — часах, минутах и секундах, считая  $360^\circ$  за 24 часа. Можно всегда, если есть в этом необходимость, пересчитать прямое восхождение из часовой меры в градусную и обратно.

Для таких расчётов полезно иметь такую табличку:

$$1 \text{ час} = 15^\circ$$

$$1 \text{ минута} = 15'$$

$$1 \text{ секунда} = 15''$$

$$1^\circ = 4 \text{ минуты}$$

$$1' = 4 \text{ секунды}$$

$$1'' = \frac{1}{15} \text{ секунды}$$

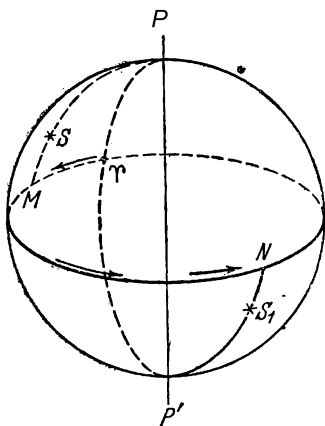


Рис. 43. Экваториальная система координат.  $MS$  — склонение звезды  $S$ ;  $\gamma M$  — прямое восхождение звезды  $S$ ;  $NS_1$  — склонение звезды  $S_1$ ;  $\gamma V$  — прямое восхождение звезды  $S_1$ .

Пользуясь экваториальными координатами как сеткой (наподобие сетки географических координат), изображают всё небо или часть его на звёздных картах.

На такой карте звёздного неба благодаря сетке можно отсчитать координаты любой звезды. И наоборот, зная координаты какого-нибудь светила, можно отметить его положение среди звёзд.

Для передвигающихся по небесной сфере светил в астрономических календарях даются прямое восхождение и склонение светила в определённые моменты. По этим данным можно, пользуясь звёздной картой, узнать положение светила среди звёзд.

Солнце передвигается среди звёзд по кругу, называемому эклипикой, наклонённому к экватору на угол в  $23\frac{1}{2}^\circ$ ; знание его положения на небесной сфере весьма

полезно: планеты и Луна передвигаются по небу близко к эклиптике. Точка пересечения эклиптики с экватором служит началом счёта прямых восхождений; её называют точкой весеннего равноденствия и обозначают  $\gamma$ . На звёздных картах, приведённых в книге, эклиптика отмечена особой линией, не совпадающей с сеткой координат.

Рассматривая эти карты, читатель обратит внимание, что каждое созвездие отделено от других пунктирными линиями. Эти линии — границы созвездий.

По мере того как звёздное небо стали изучать всё более и более подробно, обнаруживая всё более слабые по блеску звёзды, прежнее понятие созвездия заменилось иным — под созвездием стали понимать определённую область неба. На старинных звёздных картах границы созвездий были извилистыми и воспроизводили общие очертания того зверя или мифического героя, по которому получало своё название созвездие. В наше время Международный астрономический союз ввёл новые границы, идущие по кругам склонений и параллелям. Границы, принявшие вид ломаных линий, звенья которых, идущие по параллелям и кругам склонений, облегчают отнесение пограничной звезды к определённому созвездию.

Яркие звёзды принято было обозначать буквами греческого алфавита, прибавляя название созвездия. Например,  $\gamma$  (гамма) Волопаса. Алфавитный порядок букв ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$  и т. д.) приблизительно соответствует порядку блеска звёзд ( $\alpha$  — самая яркая,  $\beta$  слабее по блеску, чем  $\alpha$ , и т. д.). Особенно яркие звёзды называют собственными именами (например,  $\alpha$  Лиры называется Вега).

Буквенные обозначения были даны звёздам в те времена, когда еще не было точных инструментов для измерения блеска звёзд. В конце прошлого и начале XX столетия были проведены точные фотометрические измерения блеска звёзд. Эти измерения показали, что не во всех случаях обозначения звёзд в созвездиях по буквам соответствуют порядку их блеска.

Число звёзд, известных в каждом созвездии, далеко превышает число букв алфавита. Поэтому более слабые звёзды обозначают буквами латинского алфавита, а иногда и просто номерами. Исторически дело обозначения звёзд сложилось так, что сначала обозначили наиболее яркие — буквами греческого алфавита, затем, когда накопились

новые наблюдения, ввели новые системы обозначения. Так и получилось, что почти в каждом созвездии применены все способы обозначения. Кроме указанных уже обозначений, слабые, а иногда и яркие звёзды, занесённые в какой-либо звёздный каталог, обозначаются своим номером в каталоге с прибавлением названия каталога.

Так как небесная сфера вращается, то одна и та же звезда в разное время суток занимает различное положение по отношению к горизонту. Вследствие движения Земли вокруг Солнца видимая над горизонтом область неба не бывает одинакова в разное время года — за год перед нами проходят разные области неба, и цикл изменений вида неба начинается снова. Для любителя астрономии важно бывает рассчитать, какой будет вид неба в определённые день и час. Такие расчёты делаются с помощью «подвижной» карты звёздного неба.

Неизменность взаимного расположения звёзд и созвездий очень помогает при первоначальном знакомстве с небом, так как, проводя мысленно линию через какие-нибудь две звезды и продолжая эту линию далее, можно заметить, к какому созвездию или к какой звезде приводит эта линия. Общеизвестен приём отыскания Полярной звезды по двум крайним звёздам Большой Медведицы. Этим же приёмом следует пользоваться для нахождения и всех других созвездий, исходя от известных и переходя к новым. Когда, например, найдена на небе Полярная звезда, то созвездие Кассиопеи (её звезду  $\beta$ ) можно легко найти, проводя мысленно линию от  $\delta$  Большой Медведицы к Полярной и продолжив её дальше на расстояние, равное расстоянию между указанными опорными звёздами. На «путеводных» картах, данных в конце книги, указаны эти линии, на общей же карте звёздного неба надо выучиться намечать такие линии и переносить их при ознакомлении на небо. Выгода такого способа заключается в том, что наблюдатель не ставит себя в зависимость от положения звёзд по отношению к горизонту и меридиану. Особенно важны те звёзды, которые случайно расположены на одном круге склонения — они всегда указывают на Полярную, а Полярная всегда стоит над точкой севера. Не только  $\alpha$  и  $\beta$  Большой Медведицы расположены так удачно для наблюдателя, — к числу таких пар звёзд относятся  $\alpha$  и  $\beta$  Пегаса,  $\alpha$  и  $\epsilon$  Лебеда и довольно много дру-

гих. Если северная часть неба закрыта облаками, то, найдя два таких созвездия (их можно назвать ориентирующими), можно хотя бы приблизительно установить, где находится точка севера, что бывает иногда очень важно

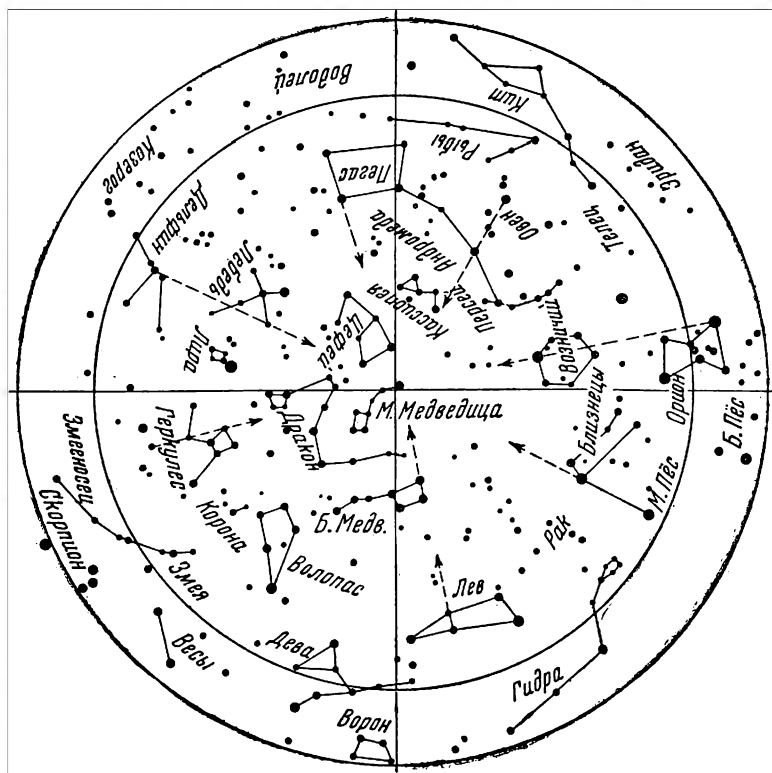


Рис. 44. Карта звёздного неба с ориентирующими звёздами.

при экскурсиях, экспедициях и в военных условиях. Даже и по одному такому созвездию можно сообразить, в какой стороне горизонта оно видно. Действительно, в южной стороне обе такие звезды находятся одновременно на небесном меридиане, линия, их соединяющая, направлена к зениту, в восточной — эта линия повёрнута влево, в западной — вправо. На рис. 44 все такие звёзды отмечены

отрезком прямой со стрелкой в направлении Полярной. Так как широта места всегда приближённо бывает известна, то легко отличить южные положения таких звёзд от северных, когда они стоят невысоко над горизонтом.

Более сложно рассчитать, на какой угловой высоте будет интересующее нас светило; подвижная карта даёт об этом лишь общее представление (высоко или низко), а иногда желательно это знать точнее.

Для указания положения светила по отношению к горизонту пользуются *горизонтальной системой координат*. В этой системе положение светила определяется двумя координатами: *высотой* ( $h$ ) и *азимутом* ( $A$ ). Высота отсчитывается от горизонта до светила по большому кругу небесной сферы, проходящему через светило и зенит, называемому кругом высоты. Вместо высоты часто пользуются *зенитным расстоянием* ( $z$ ), которое отсчитывается также по кругу высоты, от зенита места до данного светила. Высота и зенитное расстояние светила в сумме составляют  $90^\circ$ :

$$h + z = 90^\circ.$$

Азимут называется дуга горизонта между точкой юга и кругом высоты. Азимут вообще принято считать в сторону запада, но в некоторых случаях удобнее его считать от точки юга и к востоку и к западу, прибавляя соответствующее название (например, азимут восточный).

Существуют формулы для пересчёта прямых восхождений и склонений в азимуты и высоты (или зенитные расстояния). Расчёт делается не по прямому восхождению и склонению, а по часовому углу и склонению. *Часовой угол* есть угол между плоскостью меридиана и плоскостью круга склонения, проходящего через данное светило. Этот угол мы также будем отсчитывать к востоку или к западу. Пользуясь подвижной звёздной картой, этот угол можно легко рассчитать: нужно найти разность прямого восхождения звезды, находящейся в верхней кульминации, и прямого восхождения данного светила в данный момент.

Так как любителю астрономии нет необходимости делать точные пересчёты, то можно для приближённых расчётов применить графический метод, накладывая сетку одних координат на другую. Специально для этой цели

вычисленные и начерченные сетки в стереографической проекции даны в Приложении II.

Сетки изображают системы координат (экваториальных и горизонтальных) в одной половине небесной сферы (по отношению к плоскости меридиана). Так как известно, что высота полюса равна широте места, то для всех мест земного шара (за исключением полюса, где зенит совпадает с полюсом неба) направление и расположение сеток не совпадают. Если одну из этих сеток сделать на полупрозрачной бумаге и наложить надлежащим образом на другую, то координату точки, отмеченной на одной сетке, можно пересчитать в координаты другой. При наложении горизонтальной системы координат на экваториальную следует так расположить точку полюса, чтобы она была на высоте, равной широте места (рис. 45).

На экваториальной сетке деления часовых углов поставлены через 20 минут, а склонений через  $10^\circ$ . Отсчитав по подвижной карте часовой угол и склонение светила, отмечаем его точкой на экваториальной сетке, накладываем сетку горизонтальных координат и, глядя сквозь неё, отсчитываем азимут и высоту. Прозрачную сетку читатель может изготовить, копируя приведённую в Приложении II сетку или на кальку, или на фотоплёнку соответствующего размера; фотоплёнку для такой работы можно приготовить, обработав её в тёмной комнате фиксажем до полной прозрачности, промыв и высушив. Копировать на ней можно тушью или чернилами на её желатиновой стороне. При этом выгодно копию сетки сделать иным цветом, чем экваториальную карту.

Точность отсчётов может быть доведена до одного градуса (на-глаз), но этого вполне достаточно для наблюдений любителя астрономии. Необходимость таких пересчётов при подготовке к наблюдениям возникает в тех случаях, когда горизонт частично закрыт зданиями (в городе) и нужно знать, когда светило будет видимо в свободной части небосвода. Кроме того, наблюдения блеска светил при невысоком их положении вследствие поглощения света в атмосфере и беспокойства её не могут быть уверенными и точными. Поэтому при подготовке к таким наблюдениям полезно заранее подсчитать с помощью сетки время ночи для высоты светила, ниже которой наблюдения недостаточно точны (примерно  $5-10^\circ$ ).



Выше было указано, что полезно знать азимуты и высоты зданий или деревьев, закрывающих горизонт.

Если бинокль установлен на описанном в §13 штативе, то можно составить рисунок «панорамы гори-

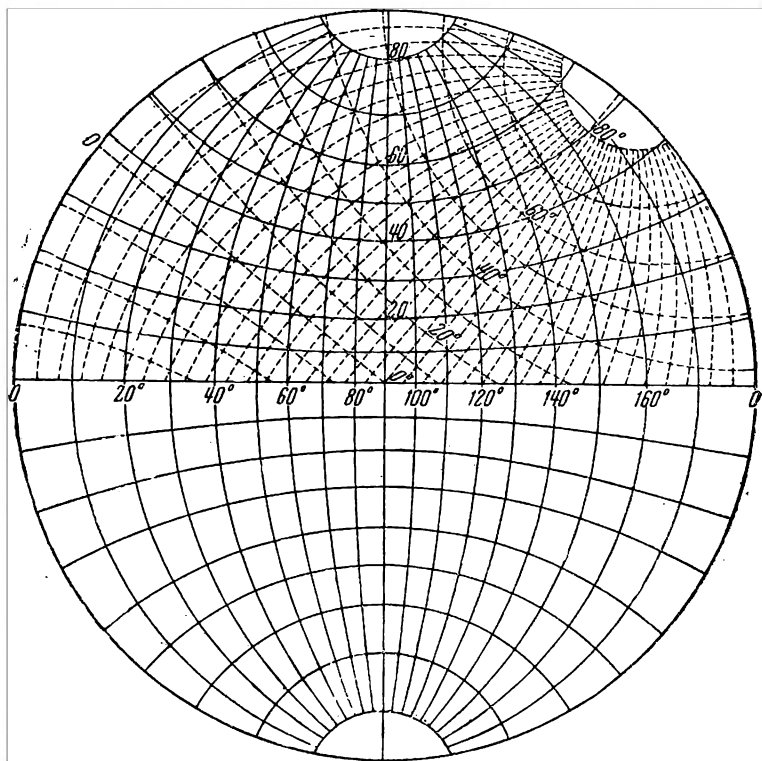


Рис. 45. Определение горизонтальных координат звезды по известным экваториальным с помощью двух стереографических сеток. Сплошными линиями изображена сетка горизонтальных координат, пунктирными — экваториальных.

зонта», присоединив к штативу разделённые на градусы круги. К вертикальной стойке в нижней её части надо присоединить круг с делениями для отсчёта азимутов, а к столику, на который устанавливается бинокль, достаточно привинтить транспортир, в центре которого укреплена нить отвеса; этот транспортир даёт возможность

отсчитывать высоты. Если для наблюдений выбрано какое-нибудь постоянное место около дома, то для этого места нужно изготовить такую «панораму горизонта».

Прежде всего следует определить направление полуденной линии (географического меридиана). Это сделать нетрудно: установив стойку вертикально, наводят бинокль так, чтобы в центре его поля зрения был полюс мира. Делают (не сдвигая установки) отсчёт по горизонтальному кругу в его южной стороне. Наводя после этого бинокль на разные детали горизонта, всякий раз отсчитывают высоту (по положению нити отвеса) и замечают деление горизонтального круга. Разность отсчёта этого круга и направления на южную точку и даёт значение азимута.

С помощью бинокля, если он установлен на штативе, можно легче и быстрее, чем невооружённым глазом, убедиться в суточном вращении небесной сферы. Направив бинокль, установленный на штативе, в южную сторону небосвода, вводят в его поле зрения (ближе к левому краю) какую-нибудь яркую звезду. Через некоторое время можно заметить, что звезда сместилась к правому краю и скрылась за ним. Скорость передвижения светила по полю зрения зависит от склонения светила. Чем ближе к полюсу звезда, тем передвижение её медленнее. Наблюдая смещение звезды, можно точно определить диаметр поля зрения. Для этой цели лучше всего выбрать экваториальную звезду и заметить время, которое протекает между прохождениями её через левый и правый края поля зрения (бинокль при этом устанавливается неподвижно, а звезда должна проходить через центр поля зрения). Тогда расчёт поля зрения легко провести по следующей формуле:

$$d = 15''t,$$

где  $d$ —диаметр поля зрения, а  $t$  — число секунд, затраченных звездой на прохождение поля зрения по его диаметру.

Если звезда не экваториальная, то надо применить формулу

$$d = \frac{15''}{\cos \delta} t, \text{ где } \delta \text{ — склонение звезды;}$$

## § 18. Свет и цвет звёзд

«Толь много солнцев в нём  
пылающих сияет,  
Недвижных сколько звёзд нам  
ясна ночь являет.  
Стекло приводит нас чрез оптику  
к сему,  
Прогнав глубокую неведения  
тьму».

(М. В. Ломоносов, «О пользе стекла».)

Даже в самые сильные астрономические трубы звёзды представляются лишь блестящими точками; только с помощью специальных методов и инструментов (интерферометров) удалось получить данные для вычисления размеров звёзд, да и то далеко не всех, а лишь имеющих наибольшие угловые диаметры. Всё, что наблюдатели непосредственно получают от звезды,— это её свет. Измеряя интенсивность светового луча, исследуя спектры, определяя цвета звёзд, астрономы многое узнали о строении и составе этих далёких светил и даже сумели, не пользуясь интерферометром, определить размеры многих из них.

Звёзды представляют собой весьма отдалённые от нас светящиеся газовые шары, подобные нашему Солнцу. Современные астрономические исследования показали, что звёзды имеют громадные размеры, в ряде случаев во много раз превосходящие, размеры Солнца.

Для характеристики видимого блеска звёзд в астрономии пользуются особой системой звёздных величин.

*Звёздная величина* — условное выражение, обозначающее не размеры звёзд, а их относительный блеск. Если принять за единицу блеск некоторой звезды и назвать эту звезду звездой 1-й величины, то звезда, в 2,5 раза более слабая по блеску, будет называться звездой 2-й величины, звезда, в  $2,5 \times 2,5 = 6,25$  раза более слабая,— звездой 3-й величины и т. д.

Точнее, отношение блеска звёзд двух последовательных звёздных величин равно числу, логарифм которого равен 0,4 (это число не 2,5, а 2,512...). В нижеследующей табличке приведены звёздные величины, числа звёзд различных величин на всём небе, а также отношение их блеска.

Следует заметить, что благодаря современным усовершенствованным способам наблюдений блеск звёзд,

выраженный в звёздных величинах, определяется с точностью до сотых долей звёздной величины. Рассмотрение приведённой таблицы показывает, что ярких звёзд на небе меньше, чем слабых. Поэтому увеличение диаметра объектива зрительной трубы или бинокля даёт возможность видеть во много раз больше звёзд, чем невооружённым глазом.

Звёздные величины	Относительный блеск	Число звёзд	Звёздные величины	Относительный блеск	Число звёзд
0	2,512	3	6	0,0100	4 850
1	1,000	11	7	0,0040	14 300
2	0,398	40	8	0,0016	41 000
3	0,158	144	9	0,00063	117 000
4	0,063	530	10	0,00025	324 000
5	0,0251	1 620	11	0,00010	870 000

В этой таблице в 3-м столбце дано полное число звёзд до указанной звёздной величины.

Человеческий глаз видит звёзды до 5,5—6,5 звёздной величины. Таким образом, на всём небе человек может видеть не более 6000 звёзд, но одновременно мы наблюдаем только половину всего неба, и поэтому число звёзд, которые человек может насчитать на небе, не более 3000.

Скромный бинокль, если он даёт возможность видеть звёзды хотя бы до 7-й величины, сразу расширяет число видимых звёзд почти до 7000 (на половине неба). Картина неба становится особенно красивой, потому что бинокль даёт большее поле зрения, чем астрономическая труба.

Число видимых звёзд зависит и от свойств глаза человека и от светосилы бинокля. Каждому наблюдателю полезно знать предельный блеск звёзд, которые он может видеть невооружённым глазом и в бинокль.

Блеск всех звёзд до 6,5 звёздной величины точно измерен с помощью специальных инструментов — фотометров. Блеск более слабых звёзд точно измерен лишь на некоторых участках неба.

Вблизи северного полюса неба блеск некоторых звёзд измерен особенно тщательно. Список этих звёзд называют «Северный полярный ряд» (сокращённо СПР или NPS). По этим звёздам можно определить практическую звёзд-

ную светосилу бинокля и предельный блеск звёзд, видимых невооружённым глазом. На рис. 46 и 47 даны карты этой области. Звёзды на этих картах перенумерованы, а в таблице указан их блеск и спектр (см. далее). Чтобы

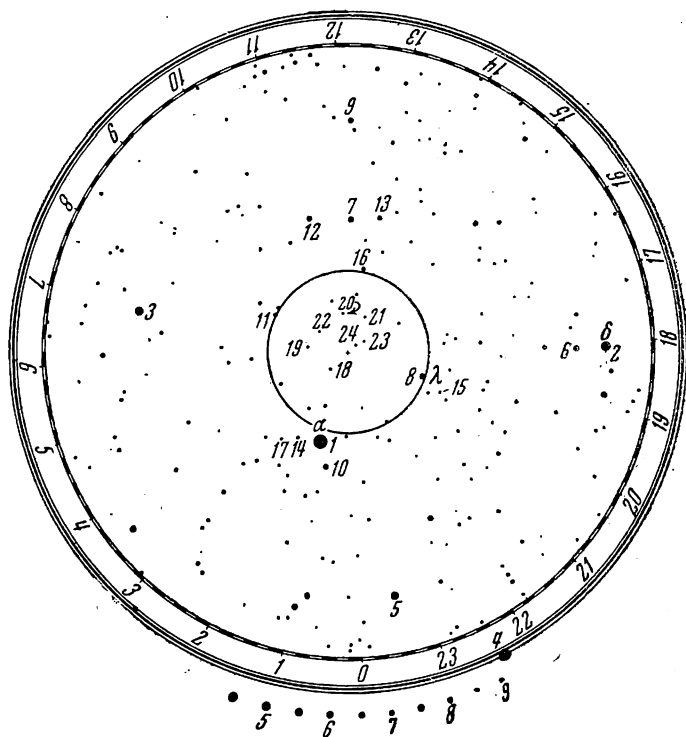


Рис. 46. Карта околополярной области. Радиус карты равен  $4^\circ$ .

определить звёздную светосилу бинокля, надо заметить, какая из занумерованных звёзд ещё видима в бинокль, и по таблице (на стр. 94) посмотреть, каков её блеск.

При оценке видимости звёзд предпочтительнее пользоваться звёздами классов от А до F. Оценку предельной видимости надо делать в таком порядке: 1) оценка невооружённым глазом, 2) оценка в бинокль, 3) оценка невооружённым глазом, 4) оценка в бинокль. После этого

найти среднее арифметическое из 1 и 3 и из 2 и 4, а затем разность этих средних звёздных величин.

Определение следует вести при наступлении полной темноты, не раздражая глаз посторонним светом (если

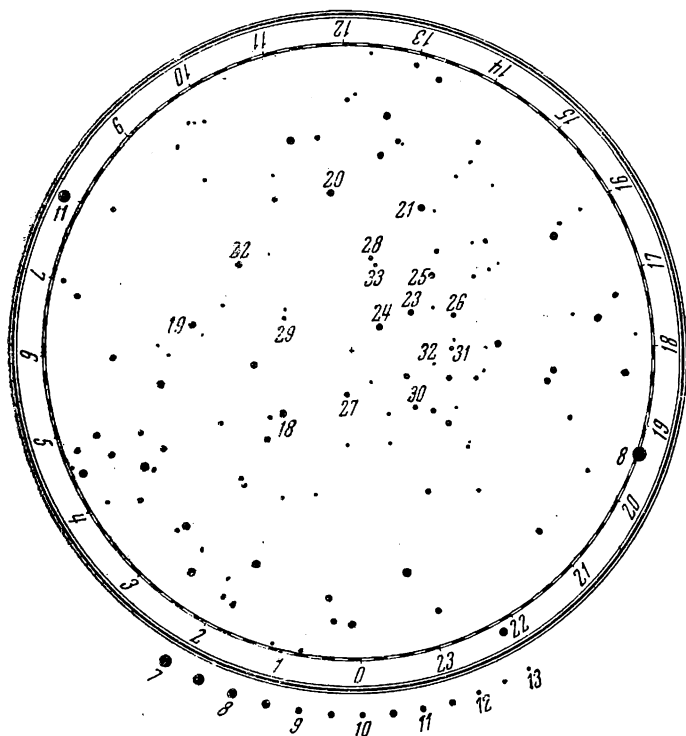


Рис. 47. На этой карте изображена в большом масштабе область, очерченная кружком на рис. 46. Радиус карты равен  $1^\circ$ .

Отмечены более слабые звёзды.

приходится обращаться для справок к карте, то нужно дать глазам отдохнуть после этого). Так как предельная видимость звёзд зависит и от зрения наблюдателя, и от прозрачности воздуха, и от темноты небесного свода, то поэтому надо сделать несколько таких определений в тёмные безлунные ночи и вычислить среднее.

Бинокль с шестикратным увеличением и светосилой 25 даёт возможность видеть звёзды до 8,5 звёздной вели-

### Северный полярный ряд\*

№	Визуальная звёздная величина	Фото- графич. звёздная величина	Спектр	№	Визуальная звёздная величина	Фото- графич. звёздная величина	Спектр
1	2,08	2,54	F8	17	8,83	8,91	A
2	4,37	4,40	A1	18	9,06	9,13	A
3	5,09	6,63	K5	19	9,24	10,46	G5
4	5,28	5,30	A0	20	9,56	9,72	A
5	5,56	5,83	A2	21	9,77	10,06	A
6	5,84	5,93	A3	22	9,83	10,26	G
7	6,30	6,45	A5	23	9,87	10,95	G2
8	6,32	7,93	Ma	24	10,06	11,10	G5
9	6,35	6,63	P	25	10,37	10,52	A
10	6,45	6,43	A	26	10,46	11,45	G5
11	7,06	7,12	A	27	10,56	10,97	A
12	7,55	7,42	A	28	10,72	11,37	—
13	7,57	8,96	K	29	10,88	11,25	A
14	8,13	8,33	F	30	11,22	11,60	A
15	8,27	9,21	K	31	11,30	11,88	—
16	8,63	10,14	K	32	11,90	12,27	—

чины, а в особенно тёмные ночи и при благоприятном состоянии атмосферы даже и до 9-й величины.

Если сделать такие же оценки невооружённым глазом, то, найдя отношение блеска звёзд, видимых невооружённым глазом и в бинокль, можно определить практическую звёздную светосилу и вычислить поглощение света во всей системе стёкол бинокля.

Наблюдения звёзд Северного полярного ряда интересны и с другой стороны. Можно предполагать, что в среднем чувствительность глаза к свету в течение довольно длительного периода времени остаётся неизменной. При таком условии наблюдения звёзд Северного полярного ряда могут дать представление об изменении прозрачности и чистоты атмосферы в одном и том же месте на Змле и возможность сравнения этих характеристик атмосферы.

---

\*) Во время печатания книги была опубликована работа П. П. Паренаго с пересмотренными характеристиками звёзд СПР; они практически (для любителя) не отличаются от приведённых в таблице. Нумерация звёзд в этой таблице дана в порядке убывания их блеска и отличается от международной.

Такие наблюдения, сделанные на горах, показывают, что действительно там воздух чище и прозрачнее, так как в Северном полярном ряду видны более слабые звёзды. Наблюдениями П. П. Паренаго, М. Е. Набокова и других астрономов, проведёнными над СПР, была обнаружена зависимость прозрачности воздуха от местных условий.

На это обстоятельство стоит обратить внимание и при поездках или дальних экскурсиях вести наблюдения видимости звёзд Северного полярного ряда.

Наблюдения Северного полярного ряда могут дать также интересный материал об изменении прозрачности атмосферы в течение года. Если вы ежегодно станете наблюдать СПР и проведёте такую работу в течение нескольких лет в одной и той же местности, то, вычислив среднюю предельную звёздную величину для каждой декады месяца, можете узнать, в какие месяцы в году воздух наиболее прозрачен. Наблюдениями автора этой книги, сделанными за промежуток в несколько лет, удалось, например, установить, что в Москве воздух бывает наиболее прозрачен в августе — сентябре. Чтобы исключить влияние изменения чувствительности глаза, лучше такие наблюдения организовать целому коллективу наблюдателей (человек 5 и больше), но с тем, конечно, чтобы каждый член коллектива делал оценки, не советуясь с другими и не сообщая другим своих результатов до тех пор, пока все не закончат наблюдения, — тогда можно сделать сводку. Делая оценки каждый вечер, уже через несколько суток наблюдатель невольно запоминает карту СПР, и наблюдения становятся всё более и более уверенными и быстрыми. Следует иметь в виду, что эти наблюдения необходимо делать в одинаковых условиях (положение наблюдателя, установка бинокля и т. п.), так как особенности обстановки наблюдений заметно влияют на видимость звёзд. Такие наблюдения, особенно коллективные, могут дать также весьма интересный и важный материал по изучению местных атмосферных условий и сравнению их с условиями в другой местности.

Даже и не ставя себе таких специальных задач, полезно в начале и в конце наблюдений одной ночи делать оценки СПР как дающие представление о прозрачности атмосферы. Любопытно, что такие наблюдения дают возможность делать некоторый прогноз погоды: в то время,



когда как будто ничто не предвещает ухудшения погоды, падение прозрачности, особенно в течение нескольких вечеров подряд, несомненно указывает на надвигающийся циклон и ухудшение погоды.

Помимо различия в блеске, звёзды отличаются между собой и по цвету. Звёзды бывают голубоватые, белые, жёлтые, оранжевые и красные. Цвета звёзд — не оптический обман. Если разложить свет, идущий от звезды, с помощью стеклянной призмы, то вместо звезды мы

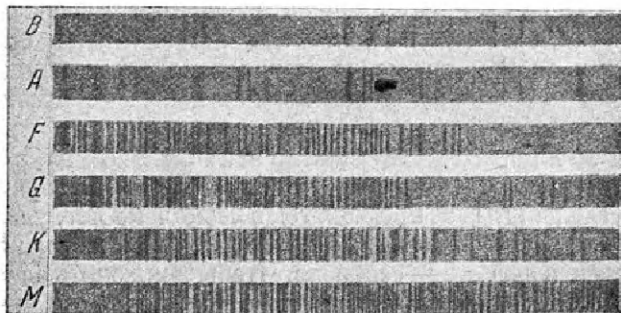


Рис. 48. Спектры звёзд разных спектральных классов.

увидим тонкую радужную полосу — *спектр*. Относительная интенсивность различных цветов, наличие в спектре тёмных, а иногда и светлых линий связаны с физическими свойствами поверхностей звёзд.

Спектры звёзд изучены астрономами. Установлено, что в спектрах белых звёзд тёмных линий немного и фиолетовый конец такой же интенсивности, как и красный. По мере того как мы будем переходить к жёлтым, оранжевым и красным звёздам, в спектре оказывается всё больше тёмных линий, и фиолетовый конец спектра становится всё менее ярким по сравнению с красным (рис. 48).

Типичные спектры звёзд принято обозначать буквами латинского алфавита: О, В, А, F (голубоватые и белые), G, К (жёлтые и оранжевые), М, N (красные).

Наблюдения спектров звёзд производятся с помощью специальных инструментов—спектроскопов, или спектро-

графов, которые прикрепляют к окулярному концу астрономических труб.

Другой способ наблюдения спектров звёзд заключается в том, что перед объективом инструмента помещается призма (рис. 49), которая, разлагая свет, идущий от звезды, даёт в фокусе объектива ряд отдельных цветных изображений, располагающихся по одной линии и составляющих спектр звезды. Такие «объективные призмы» часто применяются при фотографировании спектров звёзд, причём на фотографии получаются сразу спектры всех звёзд, попавших в поле зрения объектива. Чтобы спектры не были слишком узки, труба с помощью особых приспособлений слегка передвигается в направлении, перпендикулярном к спектрам звёзд.

Фотография не даёт, конечно, цветного изображения спектра; различные части спектра на фотографической пластинке получаются более или менее тёмными (в зависимости от распределения интенсивности в спектре и чувствительности желатинового слоя к цветам). Для изучения физической природы звёзд важны главным образом те светлые и тёмные линии спектра, которые показывают своим положением и интенсивностью, какие вещества и в каком физическом состоянии имеют-ся в атмосфере звезды.

Любителю астрономии, пожалуй, не менее интересно *увидеть* спектры звёзд со всеми переходами цветов, убедиться собственными глазами в различии спектров звёзд. Увидеть с биноклем линии в спектрах, конечно, нельзя, — для этого нужны большие увеличения. С биноклем можно наблюдать спектры только наиболее ярких звёзд (до 3-й или 4-й звёздной величины), если перед объективом бинокля поместить объективную призму. Такая призма должна иметь преломляющий угол не более  $15^\circ$ , иначе звёздные спектры будут очень слабы. Призмы с небольшим преломляющим углом можно приобрести в оптических

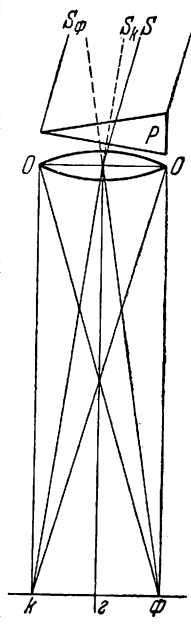


Рис. 49. Получение спектров звёзд с помощью объективной призмы.

магазинах. Можно самому сделать полую призму из плоско-параллельных стёкол и наполнить её глицерином (способ изготовления таких призм описан в книге Ф. Н. Красикова «Упрощённые приборы по физике»). Надо нарезать из высококачественного стекла три прямоугольника соответствующих размеров и один треугольник. Склеивать их для получения призмы можно сургучом или менделеевской замазкой. Чтобы призма была крепкой и не разваливалась, Ф. Н. Красиков рекомендует нагреть стёкла и склеивать их в нагретом состоянии. Для закупоривания призмы (чтобы не вылился глицерин) готовится треугольная пробка (её можно сделать из мягкого дерева), которую потом по краям также примазывают сургучом или менделеевской замазкой. Для изготовления призмы лучше всего использовать отмытые негативы (особенно хорошо достать для этой цели фотографические пластинки из тонкого стекла).

Для установки призмы перед объективом служит кольцо с пазами, описанное выше; надо заготовить толькодвигающуюся в пазы дощечку с круглым отверстием такого размера, чтобы оно сплошь закрывалось призмой. К этой дощечке с помощью цинковых или жестяных полосок привинчивается объективная призма под углом наименьшего отклонения, который можно вычислить по формулам

$$\sin \alpha = n \frac{\sin P}{2} \quad \text{и} \quad \omega = 2\alpha - P,$$

где  $\omega$ —угол наименьшего отклонения,  $n$ —показатель преломления,  $P$  — преломляющий угол призмы,  $\alpha$ —вспомогательный угол. Установить призму на угол наименьшего отклонения можно без предварительных вычислений, путём наблюдения спектра яркой звезды. Наведите бинокль на яркую звезду, поместив перед объективом призму. Если поворачивать призму вокруг оси, параллельной грани призмы, то спектральное изображение звезды сначала перемещается в одну сторону, а потом, при дальнейшем вращении, останавливается и начинает передвигаться в обратную сторону. Угол наименьшего отклонения соответствует при этом моменту, когда изображение меняет направление передвижения; в этом случае спектр наиболее короток и ярк. Чтобы призму закрепить под углом наименьшего отклонения, под острый конец её нужно подложить кусочек пробки.

Наблюдать спектры звёзд можно также с помощью дифракционной решётки. При этом нет необходимости иметь особенно частую решётку. В продаже (в магазинах учебных пособий) имеются дифракционные решётки с большим числом линий на 1 мм. Такая решётка, поставленная перед объективом бинокля, даёт в центре поля зрения изображение звезды, а слева и справа от центрального изображения будут видны спектры, причём, чем дальше спектр от центра, тем он длиннее. Спектры, располагаю-

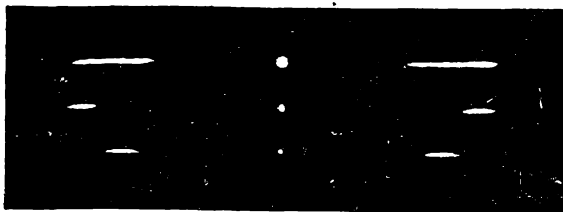


Рис. 50. Снимок спектров белой, жёлтой и голубой звёзд.

щиеся далеко от центра, оказываются настолько длинными, что накладываются друг на друга.

Для того чтобы рассмотреть спектр в бинокль шестикратного увеличения, достаточно решётка, имеющая 10 штрихов на 1 мм. Если число штрихов на 1 мм делать меньше, то получится «грубая решётка», которая будет давать настолько короткий спектр, что в нём уже нельзя будет рассмотреть всех переходов цветов, но всё же заметно проявится разница в цвете звёзд. Дело в том, что в спектре красных звёзд наиболее яркая часть соответствует длинным волнам, в спектре белых — коротким. Поэтому, рассматривая спектры звёзд с «грубой решёткой», мы заметим их наиболее яркие части на различных расстояниях от центрального изображения в зависимости от цвета звёзд: белые и голубые будут видны ближе к центральному изображению, чем жёлтые и красные (рис. 50).

Для таких наблюдений дифракционную решётку можно сделать из отфиксированной, отмытой и высушенной фотопластинки. На ней надо процарапать ряд параллель-

ных полосок или прочертить очень тонкие параллельные линии обыкновенной чёрной тушью.

Диффракционные явления, дающие общее представление о цвете источника света, можно получить не только с помощью решётки с параллельными полосами, но и при рассматривании его через мелкую сетку: в этом случае источник света виден окружённым радужным ореолом, состав цветов которого даёт возможность сделать заключение о преобладающем цвете в его излучении. Такую сетку можно сделать, используя какой-нибудь мелкий порошок (например, порошок ликоподия, которым пересыпают пилюли в аптеке, чтобы они не слипались). На стеклянную плоскую пластинку ровным тонким слоем насыпается порошок и прикрывается другим стеклом, после чего края стёкол склеиваются (как в диапозитивах). Смотря через такую пластинку, поставленную перед объективом бинокля, мы увидим звёзды окружёнными цветными каёмками, соответствующими спектральному составу их света.

Каким-либо из указанных способов можно убедиться в различии спектральных характеристик звёзд.

Вследствие растягивания изображения звезды в спектр и поглощения света стеклом (призмы или решётки) трудно наблюдать спектры слабых звёзд, но спектры ярких звёзд видны достаточно хорошо.

Приспособление с объективной призмой или диффракционной решёткой следует делать только на одном объективе. В таком случае надо смотреть лишь тем глазом, против которого находится объективная призма или решётка. При этом не следует забывать, что призма поворачивает все лучи на угол наименьшего отклонения, и поэтому в поле зрения будут видны не те звёзды, на которые направлен бинокль. (Поэтому бинокль надо повернуть на угол наименьшего отклонения, чтобы увидеть те звёзды, спектр которых мы хотим получить.) При пользовании решёткой дело проще: достаточно по свободному (без решётки) объективу установить бинокль и наблюдать спектр через другой. Если решётки (или призмы) одеты на оба объектива, то впечатление, конечно, получится полнее, как это бывает обычно при зрении двумя глазами. При таком рассматривании оптические несовершенства, свойственные биноклю, не дадут возможности видеть линии

поглощения в спектре, но общий вид спектра звезды и его наиболее яркие части будут хорошо заметны.

Цвета звёзд принято обозначать цифрами. Приводим здесь шкалу Остгофа:

чисто белый.....	+1	желтовато-оранжевый.....	+6
желтовато-белый.....	+2	чисто оранжевый.....	+7
беловато-жёлтый.....	+3	красновато-оранжевый.....	+8
чисто жёлтый.....	+4	оранжево-красный.....	+9
оранжево-жёлтый.....	+5	чисто красный.....	+10

Чтобы заметить связь цвета и спектра звёзд, рассмотрите спектры ярких звёзд различного цвета и оцените яркость трёх цветов спектра: красного, зелёного, фиолетового. Для сравнения можно взять такие звёзды:  $\alpha$  Возничего,  $\alpha$  Орла,  $\alpha$  Близнецов,  $\alpha$  Тельца,  $\alpha$  Скорпиона,  $\alpha$  Ориона,  $\alpha$  Лиры,  $\alpha$  Волпаса. При наблюдении яркость каждой части спектра отмечается в записях баллами от 1 до 5. После этого оценивается цвет каждой из этих звёзд по шкале Остгофа.

Так как звёзды находятся от нас на различных расстояниях, то их видимый блеск не даёт представления об их действительной яркости. Сравнить звёзды по блеску можно было бы только в том случае, если бы все они

оказались на одинаковом расстоянии от нас (рис. 51). Расстояния до звёзд очень велики и их неудобно выражать в километрах — пришлось бы применять многозначные числа. За единицу звёздных расстояний в астрономии принята единица, в 206265 раз большая, чем радиус земной

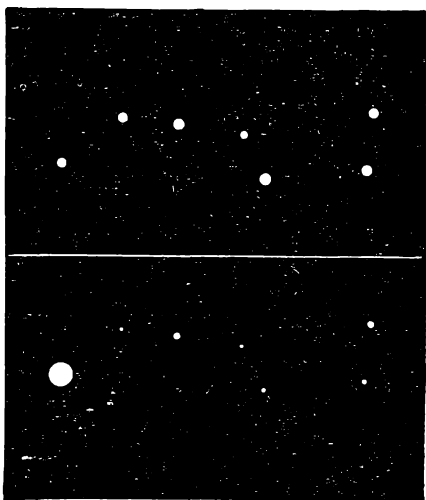


Рис. 51. Вверху: созвездие Большой Медведицы, изображённое так, как мы его видим. Внизу: созвездие Большой Медведицы, каким оно представлялось бы нам, если бы все его звёзды находились на одинаковом расстоянии от нас.

орбиты (он равен 149 500 000 км). Эту единицу называют парсек (от двух слов: «параллакс» и «секунда»). Такое название дано потому, что с расстояния в 1 парсек радиус земной орбиты был бы виден под углом в 1 секунду дуги (1/206 265 часть радиана).

Для многих звёзд расстояния определены особыми методами и для них вычислен блеск, который они имели бы, если бы все переместились на одно и то же расстояние, равное 10 парсекам. Блеск звезды на расстоянии в 10 парсек, выраженный в звёздных величинах, называют абсолютной звёздной величиной. Абсолютную звёздную величину рассчитывают, пользуясь законом обратной пропорциональности квадратов расстояний, который был дан в § 4. Если, соответственно этому закону, найти соотношение между наблюдаемой звёздной величиной звезды  $m$ , её расстоянием (в парсеках)  $r$  и абсолютной звёздной величиной  $M$ , то оно выражается так:

$$M = m + 5 - 5 \lg r.$$

Расстояния некоторых звёзд найдены путём точных угловых измерений. Современная астрономия нашла новые способы определения расстояний и абсолютных величин звёзд по виду спектров, периоду изменения блеска переменных звёзд и некоторым другим признакам. Поэтому для многих звёзд (около 25 000) расстояния и абсолютные звёздные величины известны и даже учитывается ослабление блеска звёзд, происходящее от очень малого поглощения их света в межзвёздном пространстве.

Наше Солнце—звезда, но находящаяся вблизи от нас. Если бы мы удалились от Солнца на расстояние в 10 парсек (в 2 062 650 раз большее, чем теперь), то увидели бы Солнце как звезду 4,85 звёздной величины. Мы получаем, таким образом, возможность сравнивать абсолютные звёздные величины Солнца и звёзд, т. е. сравнивать их действительные яркости или светимости.

Абсолютная звёздная величина звёзд и их цвет являются показателями физического состояния, в котором они находятся. Изучение материала, полученного астрономами, показывает, что звёзды находятся на различных стадиях развития. Ход развития звёзд в настоящее время ещё не вполне ясен. С несомненностью установлено наблюдателями,

что имеется связь между размерами звёзд, их светимостью, спектром и температурой.

Знание физического состояния большого числа звёзд дало возможность астрономам сделать общее сопоставление их светимости, спектра и температуры. Такое сопоставление было проведено в 1905 и 1913 гг. и получило название диаграммы «спектр-светимость» или диаграммы Ресселла-Герцшпрунга. Советский астроном П. П. Паренaго за последнее время значительно пополнил и уточнил её, и на рис. 52 эта диаграмма изображена по его данным. На этой диаграмме по горизонтальной оси отложены спектральные классы и соответствующие им температуры, по вертикальной — абсолютные звёздные величины. Каждая звезда изображена точкой, положение которой определяется её абсолютной величиной и спектральным классом. Просматривая эту диаграмму, вы видите, что имеется большое число звёзд высокой светимости разных спектральных классов; это — так называемые звёзды-гиганты. На диаграмме они расположились полосой (почти параллельной горизонтальной оси), получившей название ветви гигантов. Звёзды меньшей светимости сосредоточены в полосе, идущей по диагонали из левого верхнего угла диаграммы в правый нижний. Среди них находится и наше Солнце, жёлтая звезда класса G. Эта полоса получила название главной последовательности. (Она содержит гораздо больше звёзд, чем полоса гигантов.) В нижней левой части диаграммы отмечены слабые по абсолютной величине звёзды, так называемые звёзды-карлики. Особенно замечательны среди них «белые карлики», плотность которых очень велика (до 100  $t$  на 1  $см^3$ ).

Если заняться подсчётом и классификацией звёзд в единице объёма пространства, то оказывается, что большинство из них относится к звёздам главной последовательности или к карликам (около 96%), гигантов же сравнительно немного.

Наблюдая звёздное небо, мы замечаем звёзды-гиганты даже и на больших расстояниях от нас вследствие их большой светимости, в то время как карликовые звёзды, которые мы видим, принадлежат к близким соседям Солнца. В сильный бинокль можно видеть звёзды до 10-й величины, т. е. примерно на 5 звёздных величин более слабые, чем невооружённым глазом. Так как от звёзд 10-й величины



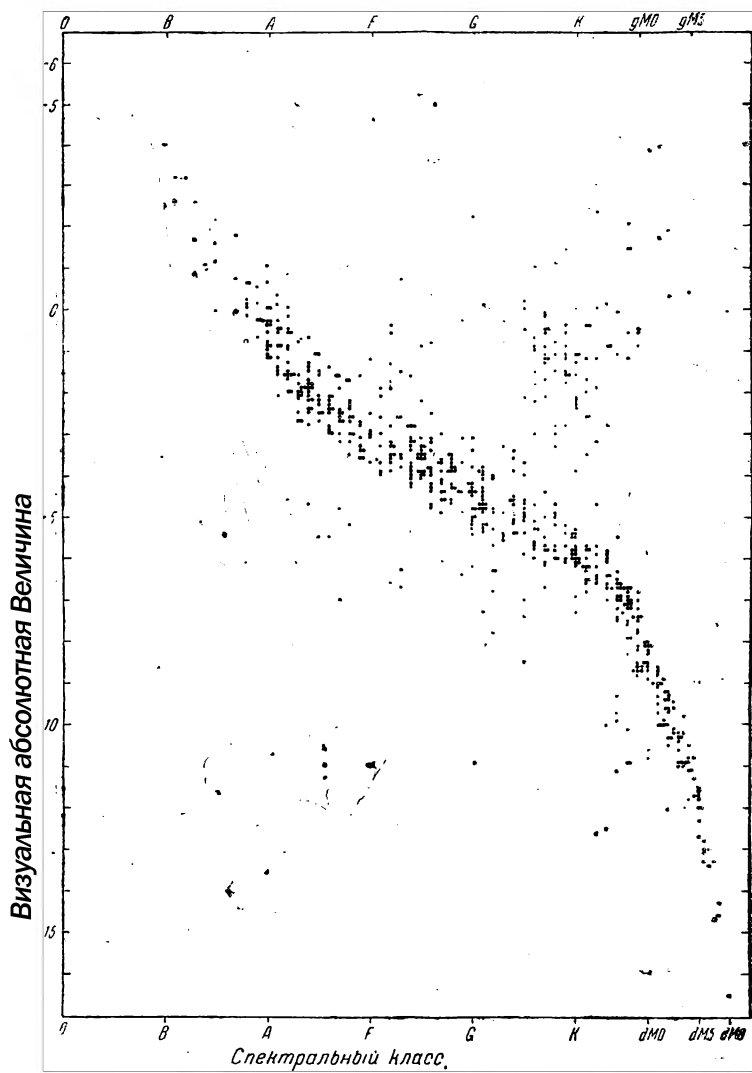


Рис. 52. Диаграмма Ресселла-Герцшпрунга.  
(По П. П. Пареню)

мы получаем в 100 раз меньше света, чем от звёзд 5-й величины, то в бинокль мы видим звёзды, в 10 раз более далёкие, чем те, которые находятся на предделе видимости невооружённым глазом. Бинокль показывает нам звёздный мир внутри шара, радиус которого в 10 раз, а объём в 1000 раз больше, чем для невооружённого глаза.

Пользуясь приведённой формулой зависимости между  $M$ ,  $m$  и  $r$ , мы можем рассчитать, какие же звёзды по преимуществу мы видим. Преобразовав её, находим:

$$\lg r = \frac{m + 5 - M}{5}.$$

Так как для гигантов можно принять  $M = -5$  зв. вел., то  $\lg r = \frac{10 + 5 - (-5)}{5} = \frac{20}{5} = 4$ , т. е.  $r = 10\,000$  парсек.

Для карликов примем  $M = +15$  зв. вел. и соответственно получаем  $r = 1$  парсеку.

Следовательно, до расстояния в 1 парсек мы могли бы видеть в бинокль все звёзды до +15-й абсолютной звёздной величины \*), а от 1 до 10 000 парсек видим, всё меньше и меньше карликов по мере увеличения расстояния. Однако следует учесть и влияние космического поглощения света (см. стр. 137). Оно сказывается так, что звёзды мы видим менее яркими, чем они были бы, если бы этого поглощения не было. Следовательно, на самом деле мы видим звёзды несколько даже более удалённые, чем это даёт вычисление без учёта поглощения.

Наблюдения звёзд в бинокль дают возможность глубже и шире воспринять всё разнообразие их физической природы, несомненно отображающее вечную смену физических состояний, своеобразную жизнь этих источников света и теплоты. На картах звёздного неба звёзды условно изображаются кружочками, центры которых соответствуют положению звёзд на небе. Площадь кружка пропорциональна блеску звезды. На помещённых здесь четырёх картах экваториальной полосы неба (рис. 53, 54, 55, 56) отмечен обычным способом блеск каждой звезды и, кроме того, условно показан её цвет (четыре луча обозначают белые звёзды, три луча — жёлтые и оранжевые, отсутствие лучей — красные). Надпись *var* около кружочка

---

\*) До настоящего времени не обнаружено не одной звезды ближе 1,3 парсека.



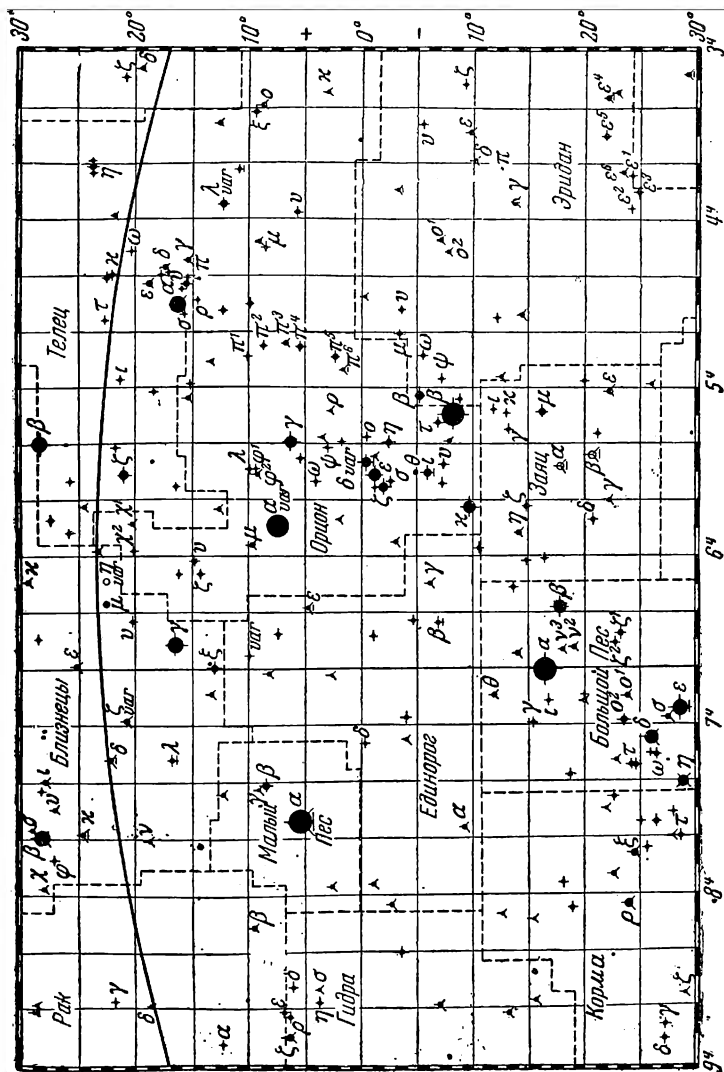
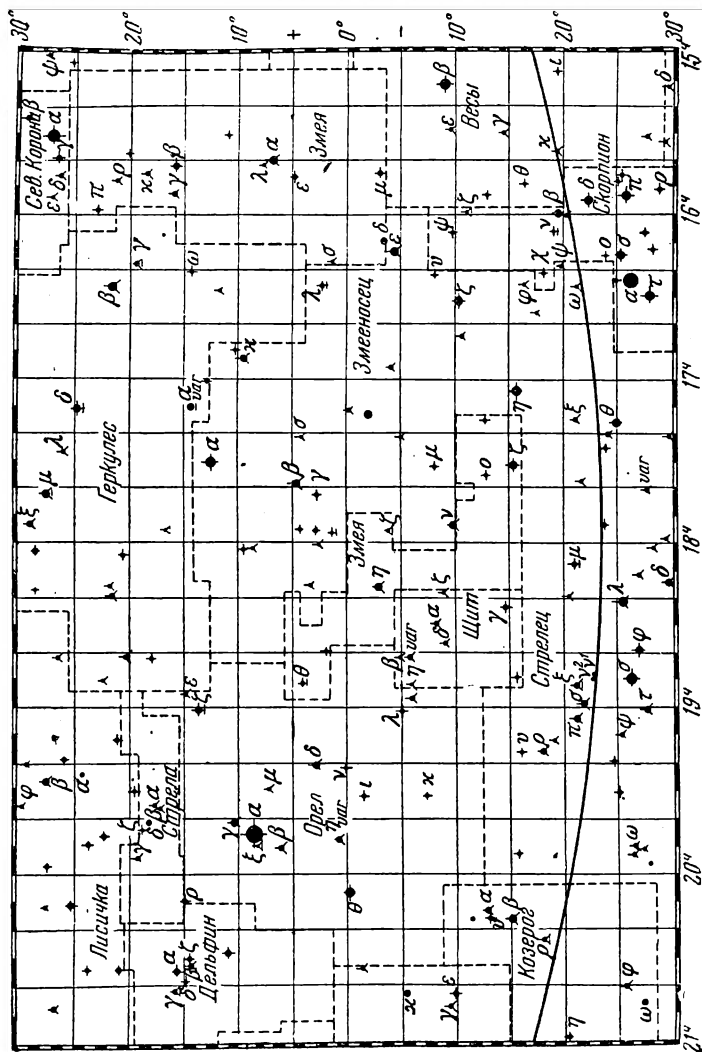


Рис. 54.



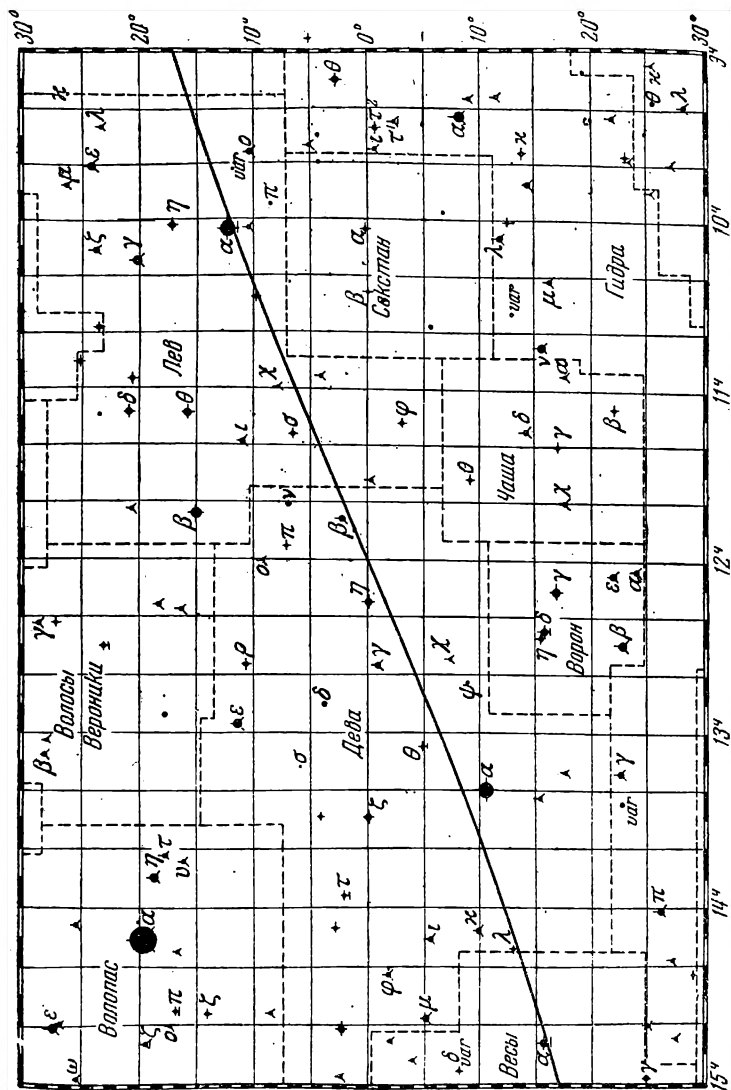


Рис. 56.

звезды обозначает, что звезда — переменная. Границы созвездий на этих картах показаны пунктиром и проведены согласно современным данным. На картах указаны звёзды только до  $4\frac{1}{2}$  звёздной величины, так как назначение этих карт — помочь любителю в первоначальном знакомстве с блеском и спектрами звёзд.

Применяя описанные уже способы определения цвета звёзд и наблюдения общего вида их спектра, любитель астрономических наблюдений может в первую очередь ознакомиться с наиболее замечательными звёздами двух ветвей диаграммы. Приводим здесь список таких звёзд.

Звезда	Спектр	Светимость (Солнце = 1)	Диаметр (Солнце = 1)	Абсолютная звёздная величина
$\alpha$ Ориона	M	3 600	360	— 3,9
$\alpha$ Скорпиона	M	1 900	330	— 3,2
$\alpha$ Тельца	K	91	39	+ 0,1
$\alpha$ Лебеда	A	4 800	35	— 4,2
$\beta$ Ориона	B	21 100	33	— 5,8
$\alpha$ Большого Пса	A	30	1,6	+ 1,3
$\alpha$ Лиры	A	63	2,5	+ 0,5
$\alpha$ Возничего	G	150	12	— 0,4
$\alpha$ Малого Пса	F	6,9	1,8	+ 2,9

Бинокль даёт возможность видеть звёзды до 10-й величины, поэтому наблюдателю, пользующемуся биноклем, следует иметь специальные атласы звёздного неба. Лучше всего пользоваться атласом проф. А. А. Михайлова («Атлас северного звёздного неба», Госиздат). В этом атласе изображены звёзды до  $7\frac{1}{2}$  звёздной величины, причём тут же отмечены особыми значками двойные звёзды, туманности и звёздные скопления. В атласе не приведены названия созвездий и обозначения звёзд, а дана только сетка небесных координат (экваториальных). Поэтому, когда надо наблюдать какой-нибудь слабый небесный объект, следует сначала, пользуясь обыкновенной звёздной картой, найти (без бинокля) нужное созвездие, навести на него бинокль и поставить в поле зрения звезду, отмеченную на обыкновенной карте. После этого, смотря то на небо, то на карту этой области в атласе, нужно уже более подробно рассмотреть её и отыскать, таким образом, интересующее светило.

Всегда в таких случаях нужно начинать поиски с отыскания более ярких звёзд невооружённым глазом, затем перейти к рассмотрению менее ярких звёзд с помощью бинокля и, только убедившись в том, что бинокль наведён на искомую область неба, переходить к наблюдению выбранного объекта.

## § 19. Двойные звёзды

При рассматривании звёздного неба в телескоп можно заметить, что некоторые звёзды, кажущиеся невооружённому глазу одиночными, на самом деле являются двойными, т. е. представляют собой пару близко стоящих друг от друга звёздочек (рис. 57). Способность телескопа разделить такие пары на составляющие звёзды зависит от его «разрешающей силы», которая определяется увеличением и качеством объектива.

Расстояния между звёздами, составляющими двойную, измеряются точными инструментами в угловой мере (секунды дуги). Здесь приведена табличка двойных звёзд с указанием расстояния между составляющими в секундах дуги применительно к наблюдениям с биноклем.

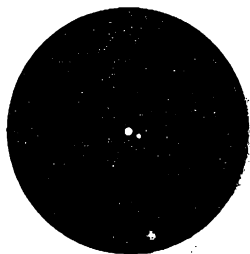


Рис. 57.

ζ Большой Медведицы.....	707" (Алькор)	β Козерога.....	205"
θ Тельца.....	337"	θ Ориона.....	135"
ξ Скорпиона.....	280"	τ Г еркулеса.....	70"
α Весов.....	231"	ν Дракона.....	62"
ε Лиры.....	210"	ψ Дракона.....	31"

Теоретически разрешающую силу телескопа можно вычислить по формуле

$$S = \frac{116''}{D},$$

где  $D$  — диаметр объектива, выраженный в миллиметрах. Однако эта формула предполагает применение максимального увеличения, а в бинокле увеличение вполне определённое, соответствующее качеству его объектива. Если исходить от наивысшей разрешающей силы глаза человека,



то, считая её равной  $1'$ , можно прийти к выводу, что бинокль позволяет наблюдать двойные звёзды, составляющие которых находятся на расстоянии  $\frac{60''}{W}$ , где  $W$  — увеличение бинокля. На самом деле разрешающая сила бинокля оказывается меньшей, и приведённая табличка даст возможность любителю астрономии испытать и своё зрение и свой бинокль.

Из того, что две звезды расположены близко друг от друга на небе, ещё не следует, что они близки и в пространстве. Может случиться, что две звезды видны почти по одному направлению, но одна находится от нас значительно дальше другой, — такие звёзды называются *оптическими двойными*. Для астрономов представляют интерес лишь *физические двойные* звёзды, т. е. тот случай, когда две звезды в пространстве действительно находятся недалеко, тяготеют друг к другу, обращаются вокруг общего центра тяжести.

Раньше предполагалось, что все физические двойные образовались путём деления одной звезды на две. Акад. О. Ю. Шмидт предполагает, что двойные звёзды образовались путём «захвата». Двигаясь в пространстве, две звезды под влиянием проходившей третьей близко подошли друг к другу, и сила тяготения заставила их обращаться одну около другой.

## § 20. Переменные звёзды

Мир звёзд на первый взгляд представляется как бы образцом неподвижности и неизменности. Но на самом деле всё в этом мире находится в движении, всё изменяется, только нужно много времени, чтобы заметить, например, перемещения звёзд, которые, как это установлено наукой, несутся в пространстве с очень большими скоростями. Мы не можем непосредственно заметить этих движений лишь потому, что расстояния до звёзд громадны по сравнению с земными. Только точные наблюдения многих десятилетий дают возможность подметить и измерить эти передвижения. Однако есть такие изменения в звёздах, которые мы не только можем заметить, но и систематически наблюдать, — это изменения блеска. Существуют звёзды, блеск которых заметно изменяется, иногда с правиль-

ной периодичностью. Такие звёзды названы *переменными звёздами*.

Переменных звёзд на небе очень много. В настоящее время их известно около 11 000 и, что особенно важно, далеко не все из них изучены, — многие переменные звёзды, вполне доступные наблюдению в бинокль, ждут ещё своих наблюдателей. Наблюдения астрономов-любителей в этом случае оказываются очень существенными \*), так как специалисты-астрономы не в состоянии справиться

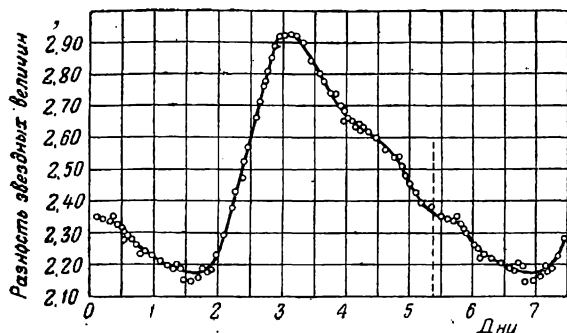


Рис. 58. Кривая блеска  $\delta$  Цефея.

с этой огромной работой. Изменения блеска многих переменных звёзд происходят строго периодически, повторяясь через определённые промежутки времени. Это изменение блеска какой-либо звезды можно наглядно представить с помощью графика, на котором по горизонтальной оси откладывается время, а по вертикальной — звёздные величины (или разность звёздных величин переменной звезды и звёзд сравнения, как на рис. 58). Полученная кривая, называемая *кривой блеска*, даёт ясное представление о характере изменения блеска. По этой кривой можно проследить, как происходят колебания блеска от его максимального значения к минимальному. Время от одного минимума до следующего называют *периодом* звезды; разность звёздных величин в максимуме и минимуме называется

\*) Результаты наблюдений переменных звёзд астрономиями-любителями используются для научных исследований и публикуются в некоторых астрономических журналах.

*амплитудой*. Период и амплитуду звезды можно легко установить по кривой блеска.

Изменение блеска у одной группы переменных звёзд вызывается оптическими причинами. Это — двойные звёзды, составляющие которых, обращаясь вокруг общего центра тяжести, попеременно затмевают друг друга. Типичные звёзды этой группы  $\beta$  Персея (Алголь) и  $\beta$  Лиры. Этот класс переменных звёзд называют *затменными переменными*. Периоды затменных переменных вообще невелики — доли суток или несколько суток, а у большинства составляют около трёх суток. В настоящее время обнаружено лишь небольшое число затменных переменных с периодом в несколько тысяч суток (среди них звезда  $\epsilon$  Возничего с периодом в 9 883 дня).

Переменные звёзды другой группы названы *физическими переменными*. Причины изменений их блеска заключаются в физических процессах, происходящих как в недрах звёзд, так и на их поверхности. Звёзды этой группы не так правильно меняют свой блеск, как затменные: период, амплитуда и кривая блеска у них не вполне постоянны. Изучая физические переменные звёзды, наблюдатель не только должен установить кривую блеска, определить период и амплитуду, но и подметить, как эти характеристики изменяются. Физические переменные звёзды делят на *цефеиды*, *долгопериодические переменные*\*), *полуправильные переменные* и *неправильные переменные*.

Цефеиды, в свою очередь, подразделяются на подгруппы долгопериодических и короткопериодических цефеид.

Наконец, существуют так называемые *новые* звёзды, которые неожиданно появляются на небе, достигают иногда значительной яркости, затем гаснут и становятся еле видимыми даже в сильные инструменты.

Природа физических переменных ещё не вполне выяснена. Можно предполагать, что изменения блеска цефеид происходят вследствие периодического сжатия и расширения звезды, при котором меняются её температура и излучение. Долгопериодические переменные меняют свой

---

\*) Называемые также переменными типа о Кита или миридами; о Кита — первая звезда этого типа, переменность которой была открыта. Это обстоятельство в своё время так поразило астрономов, что о Кита получила название «Мира», — по-латыни «удивительная».

блеск, повидимому, по тем же причинам, однако здесь играют роль и процессы, происходящие в их атмосферах. Что касается «новых» звёзд, то они представляют собой карликовые звёзды одного из классов от В до F, в недрах которых происходит внезапное выделение такого большого количества энергии, что они как бы взрываются, выбрасывают газовые оболочки, расширяются и потом снова сжимаются. Важных результатов в изучении переменных звёзд достигли советские астрономы П. П. Паренаго и Б. В. Кукаркин (физические переменные), Д. Я. Мартынов (затменные переменные), Б. А. Воронцов-Вельяминов (новые звёзды) и др.

Для многих переменных звёзд определены абсолютные звёздные величины. Эти звёзды можно нанести на диаграмму Расселла-Герцшпрунга. Оказывается, что затменные переменные находятся на ветви карликов диаграммы, а физические переменные располагаются над ветвью гигантов (рис. 52). При этом долгопериодические переменные концентрируются в правом верхнем углу; это красные гиганты с периодами изменения блеска от 90 до 600 суток и большими амплитудами (до 8—10 звёздных величин).

Цефеиды лежат левее и ниже, они менее ярки, по преимуществу жёлтого цвета, периоды их меньше 90 суток (самые короткие — около полусуток), амплитуды около  $1\frac{1}{2}$  звёздных величин.

Между светимостью и периодом цефеид обнаружена замечательная зависимость: чем длиннее период, тем больше светимость цефеиды. На рис. 59 графически изображена эта зависимость период—светимость по данным советского астронома Б. В. Кукаркина. Если известен период цефеиды, то с помощью этой зависимости можно определить её светимость а затем по формуле, приведённой в § 18, нетрудно вычислить и расстояние. Из этого короткого обзора видно, что изменения блеска переменной, наблюдаемые даже в простой бинокль, уже много говорят наблюдателю о природе самой звезды. Если же любитель астрономии, наблюдая в бинокль, определит период и изучит кривую блеска ещё не исследованной или мало исследованной переменной, то тем самым он получит результат, имеющий определённую научную ценность. Полезно систематически наблюдать даже и хорошо исследованные физические переменные, как, например, о Кита, так как кривые их блеска могут

от периода к периоду меняться. Наблюдения этих изменений также важны для более глубокого познания природы переменных звёзд.

В случае появления новой звезды чрезвычайно важны возможно более частые наблюдения её блеска.

Так как бинокль даёт возможность видеть звёзды до 10-й звёздной величины, то он может быть с успехом применён любителями для наблюдения переменных звёзд.

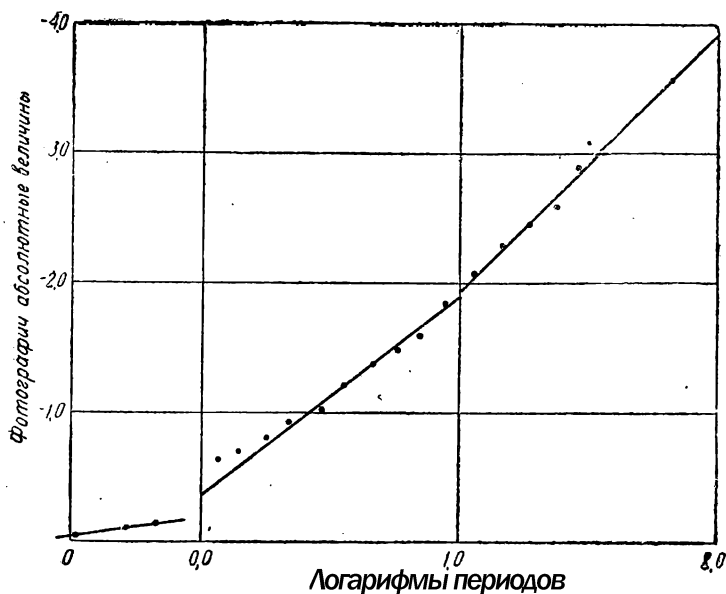


Рис. 59. Зависимость период — светимость.

Одновременно с изменением блеска переменной звезды происходят изменения и её спектра и цвета; эти изменения подметить несколько труднее.

Переменные звёзды большей частью обозначаются прописной буквой латинского алфавита, начиная с буквы R, с прибавлением названия созвездия, например R Большой Медведицы. Если в каком-либо созвездии переменных звёзд так много, что букв нехватает, то пользуются двухбуквенными сочетаниями, например RS Кассиопеи. В тех

созвездиях, где исчерпаны возможности и таких сочетаний, новооткрытые переменные обозначают просто буквой V с номером этой звезды в созвездии. Например, V 449 Скорпиона обозначает 449-ю переменную в этом созвездии. Списки всех переменных периодически печатаются в «Каталоге переменных звёзд», где даются все сведения о переменной: её экваториальные координаты, блеск в максимуме и минимуме, период, тип звезды и, если она правильная переменная, то и время её максимума на ближайший год.

Сведения о вновь открытых переменных и их предварительном исследовании печатаются некоторыми обсерваториями, ведущими такого рода работы. Это—частные каталоги обсерваторий. «Общий каталог переменных звёзд» по постановлению Международного астрономического союза составляют на основании всех материалов и частных каталогов советские астрономы. В 1948 г. вышел в свет такой Общий каталог; в нём содержится 10 912 переменных звёзд. Это издание будет повторяться каждые пять лет с изменениями и дополнениями.

Для определения характеристик переменной (периода, кривой блеска) путём наблюдений разработаны простые по существу способы измерения блеска звезды. Этих способов имеется несколько, и наблюдатель выбирает из них тот, который в данных условиях является наиболее подходящим.

Всякое измерение есть сравнение измеряемой величины с другой, которая считается постоянной. Для измерения блеска переменной звезды стали сравнивать её со звёздами постоянного блеска, находящимися поблизости от исследуемой. Эти звёзды постоянного блеска называют звёздами сравнения.

Если не гнаться за большой точностью, то такое сравнение можно сделать, смотря попеременно то на наблюдаемую звезду, то на одну из близлежащих звёзд, и если, например, звезда  $x$  представляется очень близкой по блеску звезде  $a$ , то можно считать их блеск одинаковым. Так как переменная звезда меняет блеск с течением времени, то запись результата наблюдений должна обязательно содержать дату. Схема записи должна быть такова:  $x=a$  (год, месяц, число, час и минута).

При таком упрощённом способе либо нужно для сравнения наблюдать очень много звёзд, либо производить

наблюдения переменной звезды только тогда, когда её блеск близок к блеску какой-либо из соседних звёзд.

Для получения более точных результатов В. Пиккеринг предложил сравнивать переменную с двумя звёздами сравнения, одна из которых ( $a$ ) ярче переменной  $v$ , другая ( $b$ ) слабее (рис. 60). Этот способ, особенно удобный в тех случаях, когда точно известен блеск звёзд сравнения, получил название *способа Пиккеринга*. Интервал блеска между  $a$  и  $b$  мысленно делится на 10 частей, после чего

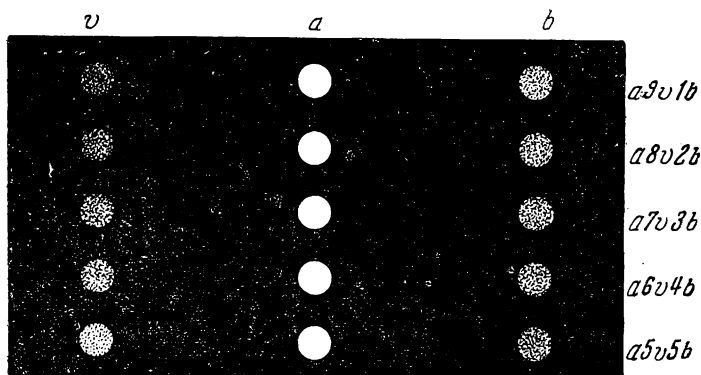


Рис. 60.

оценивают, на сколько десятых долей этого интервала переменная слабее  $a$  или ярче  $b$ . Если переменная находится по блеску посередине между  $a$  и  $b$ , то результат наблюдений можно записать

$$a5v5b$$

В других случаях записи могут быть таковы:

- |            |             |
|------------|-------------|
| 1) $a=v$   | 7) $a6v4b$  |
| 2) $a1v9b$ | 8) $a7v3b$  |
| 3) $a2v8b$ | 9) $a8v2b$  |
| 4) $a3v7b$ | 10) $a9v1b$ |
| 5) $a4v6b$ | 11) $v=b$   |
| 6) $a5v5b$ |             |

Для пояснений этого способа оценки блеска приведён рис. 60, который, конечно, не может в точности передать

ощущения наблюдателя переменных звёзд, но исполнен так, что близко соответствует действительности.

Когда известен блеск звёзд сравнения, то легко вычислить и блеск переменной звезды.

Пример. При наблюдении сделана оценка:

$$\left. \begin{array}{l} v - \text{блеск переменной,} \\ a = 6,2 \text{ звёздной величины} \\ b = 7,4 \text{ звёздной величины} \end{array} \right\} \begin{array}{l} a7v3b; \\ \text{получены по данным звёзд-} \\ \text{ного каталога.} \end{array}$$

Проведя несложные вычисления

$$7,4 - 6,2 = 1,2; \quad 1,2 : 10 = 0,12; \quad 0,12 \cdot 3 = 0,36,$$

видим, что переменная на 0,36 (округлым числом на 0,4) звёздной величины ярче звезды  $b$ ; следовательно, блеск переменной 7,0 звёздной величины.

Пользуясь способом Пиккеринга, следует избегать односторонних оценок, когда обе звезды сравнения более ярки (или более слабы), чем переменная.

Другой способ оценки, исторически более ранний, предложен Аргеландером. *Способ Аргеландера* заключается в следующем:

1) если звёзды  $v$  и  $a$  при попеременном рассматривании их представляются почти одинаково яркими, но всё-таки по временам кажется, что звезда  $v$  немного ярче звезды  $a$ , то считают, что разница в блеске равна одной степени, и записывают

$$v1a;$$

2) если  $v$  ярче  $a$  и эта разница сразу заметна, но всё-таки временами кажется, что  $v$  равна по блеску  $a$ , то разницу считают в две степени и записывают

$$v2a;$$

3) если с первого взгляда заметно, что  $v$  ярче  $a$ , но разница невелика, то считают её равной трём степеням и записывают

$$v3a.$$

При этом способе оценки довольно быстро вырабатывается привычка уверенно оценивать блеск в степенях,



так что после некоторой практики можно оценивать разность блеска в 4 и в 5 степеней. Эти последние оценки, однако, менее точны, поэтому ими можно пользоваться лишь в крайних случаях; лучше всего подыскать дополнительные звёзды сравнения, более близкие по блеску к переменной.

Этот способ лучше способа Пиккеринга тем, что не требует знания блеска звёзд сравнения; кроме того, степень у каждого наблюдателя в среднем представляет одну и ту же часть звёздной величины. У опытных наблюдателей степень обычно составляет 0,1—0,2 звёздной величины, у начинающих — до 0,3—0,5 звёздной величины.

Способ Аргеландера даёт возможность, даже и не зная блеска звёзд сравнения в звёздных величинах, построить кривую блеска переменной. К способу Аргеландера также относится указание о необходимости избегать односторонних оценок.

*Способ Блажко-Найланда.* Независимо друг от друга русский астроном С. Н. Блажко и голландский — Найланд предложили более совершенный способ наблюдений, соединяющий в себе все преимущества способов Пиккеринга и Аргеландера. По способу Блажко-Найланда сравнение проводится с двумя звёздами, из которых одна ярче переменной, а другая слабее, но при этом разница в блеске оценивается не в долях интервала, а в степенях. Интервал блеска между звёздами  $a$  и  $b$  делится на столько частей, сколько степеней данного наблюдателя в нём помещается. Затем оценивается, на сколько степеней переменная слабее  $a$  и ярче  $b$ . Примерная запись будет иметь вид

$$a2 \text{ } v \text{ } 3b.$$

Это означает, что  $v$  на 2 степени по блеску меньше  $a$  и на 3 степени больше  $b$ .

Если в процессе уменьшения блеска переменная становится слабее звезды  $b$ , то для сравнения выбирают звезду ещё более слабую; обозначив её  $c$ , продолжают вести наблюдения таким же способом и т. д.

В последнее время член Куйбышевского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества И. В. Матвеев предложил пользоваться несколькими парами звёзд сравнения и выводить потом среднее из нескольких

оценок. Этот способ даёт более точный средний результат, но требует большей затраты времени. Применять его полезно в тех случаях, когда амплитуды малы и требуется большая точность для того, чтобы отметить малые изменения блеска. Вычисление блеска переменной звезды по наблюдениям называют обработкой наблюдений.

Пример. Звезда  $v$  при наблюдениях сравнивалась со звёздами  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$ , причём записи наблюдений были таковы:

10 августа	$d4v\ 3e$
11 »	$c3\ v\ 2d$
12 »	$a3\ v\ 3b$ Все наблюдения в 11 час. вечера
13 »	$b2\ v\ 2c$
14 «	$a5\ v\ 1b$
15 »	$c2\ v\ 4d$
16 »	$d3\ v\ 5e$

Из всех этих наблюдений можно рассчитать (в степенях) интервалы блеска между звёздами сравнения:

для $a - b$	получаем	6
» $b - c$	»	4
» $c - d$	»	5 и 6, в среднем 5,5
» $d - e$	»	7 и 8 » 7,5

Полагая условно  $e=0$ , получаем следующую шкалу.

$$\begin{aligned} e &= 0, & b &= 1\ 7, \\ d &= 7,5, & a &= 23. \\ c &= 13, \end{aligned}$$

Вследствие небольших ошибок в оценках интервалы блеска для одних и тех же звёзд получаются неодинаковыми, и приходится вычислять среднее арифметическое. Это случается и у опытных наблюдателей, так что этим смущаться не следует.

Если звёздные величины звёзд сравнения неизвестны, то всё-таки можно вычислить блеск переменной в степенях и начертить кривую изменения блеска.

В нашем примере блеск переменной  $v$  10 августа вычисляется так:  $d-e=7,5$  (по шкале),  $d-e=7$  (по наблюдению), 1 степень равна  $7,5:7$ ; 3 степени равны  $\frac{7,5 \cdot 3}{7} = 3,2$ ; блеск переменной  $v = e + 3,2 = 3,2$  степени.

Вычислив таким способом блеск переменной для каждого момента наблюдения, получим таблицу блеска в степенях.

По таблице можно построить кривую блеска так, как это указано на рис. 58, откладывая по горизонтальной оси время, а по вертикальной оси — блеск переменной в степенях. Эта кривая позволяет установить характер изменения блеска. Если наблюдений немного (точки не часты), то приходится вместо кривой строить ломаную линию. В случае большого количества наблюдений точки

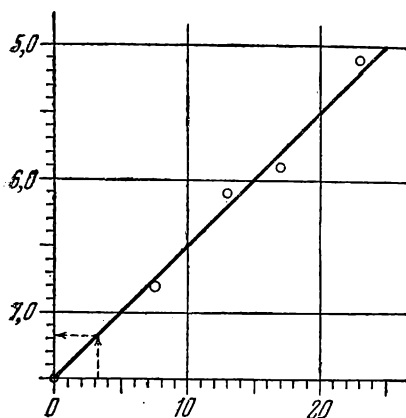


Рис. 61.

располагаются часто, и можно изобразить изменение блеска плавной кривой.

Если блеск звёзд сравнения известен, то ту же кривую можно построить в звёздных величинах. Для этого, прежде всего, следует перевести степени в звёздные величины. Просто и надёжно это можно сделать графически. На клетчатой бумаге наносят по вертикальной оси шкалу звёзд-

ных величин, а по горизонтальной — шкалу степеней (рис. 61). На этом же рисунке обозначают блеск звёзд сравнения точками и проводят прямую, ближе всего проходящую к этим точкам. Вычислив в степенях блеск переменной, отыскивают, пользуясь графиком, блеск в звёздных величинах, соответствующий вычисленной степени. С помощью этого же графика можно определить и величину одной степени. Для этого надо рассчитать, скольким звёздным величинам соответствует целое число степеней, а затем найти, чему соответствует одна степень, или же, наоборот, скольким степеням соответствует одна звёздная величина.

В нашем примере разность в 20 степеней на чертеже соответствует двум звёздным величинам. Следовательно, в среднем

$$1 \text{ зв. вел.} = 20 \text{ степеней} : 2 = 10 \text{ степеням}$$

$$1 \text{ степень} = 1 \text{ зв. вел.} : 10 = 0,1 \text{ зв. вел.}$$

Когда найдено значение одной степени, то, вычислив блеск переменной в степенях, достаточно умножить его на найденное значение степени, чтобы получить блеск в звёздных величинах.

Переменных звёзд так много, что любитель астрономии всегда может найти подходящий объект для наблюдений, однако начинать следует с какой-нибудь уже достаточно исследованной звезды и, прежде всего, научиться заранее рассчитывать момент её максимума.

Для указания моментов максимумов переменных (и вообще дат наблюдений) принят непрерывный счёт времени в сутках (и их долях), так называемого юлианского периода. Начало юлианского периода относится к 4713 г. до н. э. Юлианские сутки отсчитываются от полудня. Имеются таблицы, в которых указано число юлианских дней, протекших к полудню любого месяца и числа. В приложении приведена выдержка из такой таблицы для 1945—1955 гг., а также таблица порядкового счёта дней в году (число суток, протекших к первому числу каждого месяца для простого и високосного годов).

Пользуясь этими таблицами и данными за какой-нибудь год о времени максимума и периоде переменной, можно заранее рассчитать, когда можно ожидать максимума в текущем году.

**Пример.** Переменная звезда R Кассиопеи имеет период 430,48 суток и максимум её отмечен в каталоге в 2 432 000 юлианский день.

Когда можно ожидать её максимума в 1949 г.?

1 января 1949 г.— 2 432 917 юлианский день.

Прежде всего рассчитываем приблизительно, сколько суток прошло от указанного в каталоге максимума до 1 января 1949 г.

$$\begin{array}{r} \underline{\underline{2\ 432\ 917}} \\ \underline{\underline{2\ 432\ 000}} \\ 917 \end{array}$$

Делим это число на период, чтобы узнать, сколько прошло периодов:

$$\begin{array}{r|l} 917,00 & 430,48 \\ 860,96 & 2 \\ \hline 56,04 & \end{array}$$

Прошло: 2 периода и 56 суток. Следовательно, после 1/1, 1949 г. пройдёт полных 3 периода.

$$\begin{array}{r} 430,48 \\ \times 3 \\ \hline 1291,44 \end{array}$$

Максимум будет

$$\begin{array}{r} 32000,00 \\ + 1291,44 \\ \hline 33291,44 \end{array}$$

Чтобы перевести в обычные даты,

$$\begin{array}{r} 2\ 433\ 291,44 \\ - 2\ 432\ 917,00 \\ \hline 374,44 \end{array}$$

Следовательно, максимум надо ожидать через 374,44 дня после полудня 1 января 1949 г., т. е. в январе 1950 г. 9 числа.

В указанном примере для большей наглядности взята долгопериодическая переменная, у которой период дан с точностью до одних суток. Для цефеид и затменных переменных периоды известны с большей точностью и вычислять момент максимума также необходимо более точно. В этом случае для облегчения расчёта составляют таблицу значения одного, двух и т. д. до 10 периодов, а затем для 100, 1000 и т. д., в зависимости от длины периода и интервала времени.

Для  $\delta$  Цефея исходный максимум  $M_0 = 2\ 427\ 999,148$ ; период 5,366 306.

Составим табличку:

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ период} & 5,366\ 306 \\ 2 \text{ периода} & 10,732\ 612 \\ 3 \text{ »} & 16,098\ 918 \end{array}$$

и т. д. до 10 периодов и затем:

$$\begin{array}{ll} 10 \text{ периодов} & 53,66306 \\ 100 \text{ »} & 536,6306 \end{array}$$

и т. д.

Имея эту табличку, находим интервал времени от указанного в каталоге максимума до данного момента и тогда быстро можем сообразить, сколько прошло периодов, и вести вычисления по той схеме, которая приведена выше.

Одной из наиболее подходящих переменных звёзд для обучения наблюдениям является  $\delta$  Цефея.

С помощью приведённой карты окрестностей  $\delta$  Цефея (рис. 62) и звёздных величин звёзд сравнения можно провести наблюдения этой звезды и сравнить полученную кривую блеска с той, которая была найдена из многочисленных наблюдений (рис. 58).

Здесь нет возможности привести список рекомендуемых для изучения переменных звёзд, но можно дать общие указания о том, какие звёзды лучше выбирать для наблюдений.

Легко понять, что наблюдения короткопериодических и затменных переменных надо проводить как можно чаще в течение одной ночи. Звёзды с периодами в 20 и более суток можно наблюдать реже.

Особенно интересны и просты наблюдения долгопериодических звёзд; многие из них в максимуме блеска становятся видимыми в бинокль, в минимуме же недоступны даже довольно большим телескопам. Основной задачей при наблюдении этих звёзд является определение периода и по возможности полной кривой блеска; такие наблюдения особенно нужны, так как изменения блеска этих звёзд часто происходят неправильно. Оценки их блеска можно делать через каждые 1—5 дней; если же долгое время стояла пасмурная погода, то после неё надо обязательно сделать оценку. Время видимости долгопериодических переменных указывается в «Астрономическом календаре» на текущий год.

Если этого календаря нет, то следует время от времени осматривать избранную для наблюдений область неба и, как только переменная станет видима, вести оценки вплоть до её нового исчезновения.

Наблюдения малоисследованных переменных особенно существенны для более глубокого изучения причин переменности. Неправильные и полуправильные переменные также заслуживают серьёзного внимания наблюдателей. Характер и причины изменения их блеска ещё неясны,

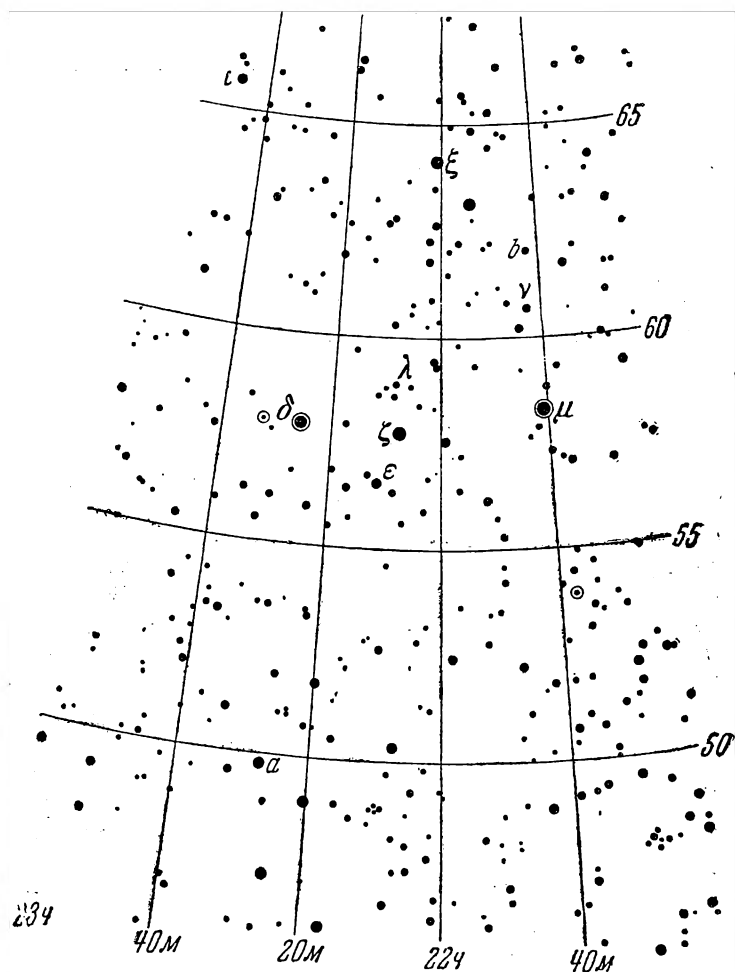


Рис. 62. Карта окрестностей переменной звезды  $\delta$  Цефея.  
Звёзды сравнения.

$\zeta$ — 3,62 зв.	вел.	$\xi$ — 4,40 зв. вел.
$\alpha$ — 3,85 »	»	$\nu$ — 4,46 » »
$\epsilon$ — 4,23 »	»	$b$ — 4,89 » »

наблюдательных данных о них имеется сравнительно мало, кривые блеска непостоянны, поэтому наблюдать полуправильные и неправильные переменные следует возможно чаще. У некоторых полуправильных переменных изменения блеска совершаются с двумя периодами: длинным и коротким. В последнее время их открывают всё больше и больше. Хотя наблюдения этих звёзд не всегда дают быстрый результат, но наблюдатель может надеяться открыть новые свойства у такой переменной.

В случае появления новых или новоподобных звёзд наблюдения их следует вести как можно чаще, особенно около времени вспышки новой, когда блеск её быстро меняется и всякое наблюдение представляет большую ценность для последующего исследования.

## § 21. Звёздная система

«Лицо своё скрывает день;  
Поля покрыла мрачна ночь;  
Взошла на горы черна тень;  
Лучи от нас склонились прочь;  
Открылась бездна звёзд полна,  
Звездам числа нет, бездне—дна...  
Уста премудрых нам гласят:  
Там разных множество светов  
Несчётны солнца там горят,  
Народы там и круг веков».

(М. В. Ломоносов, «Вечернее размышление»)

Закономерное разнообразие спектров звёзд, выражающееся в диаграмме спектр — светимость, закономерности изменения блеска переменных звёзд наводят на мысль, что мир звёзд—не хаотическое скопление. Звёзды образуют звёздную систему. Строение этой системы, распределение звёзд в ней, подчиняется определенным закономерностям; некоторые из них можно подметить с помощью бинокля.

Знакомство со звёздной системой мы начнём с Млечного Пути — светлой полосы, опоясывающей всё небо. Млечный Путь представляет собой скопление миллиардов звёзд, свет которых сливается в сплошное сияние. В ясную, безлунную ночь даже в шестикратный бинокль видно, что краевые части Млечного Пути (где звёзды менее сгущены) состоят из отдельных звёзд (рис. 63). Этот факт открыл Галилей в начале XVII в. с помощью своей небольшой трубы, а современные мощные телескопы показывают, что



Млечный Путь на всём его протяжении состоит из больших или меньших сгущений звёзд. Рассматривая Млечный

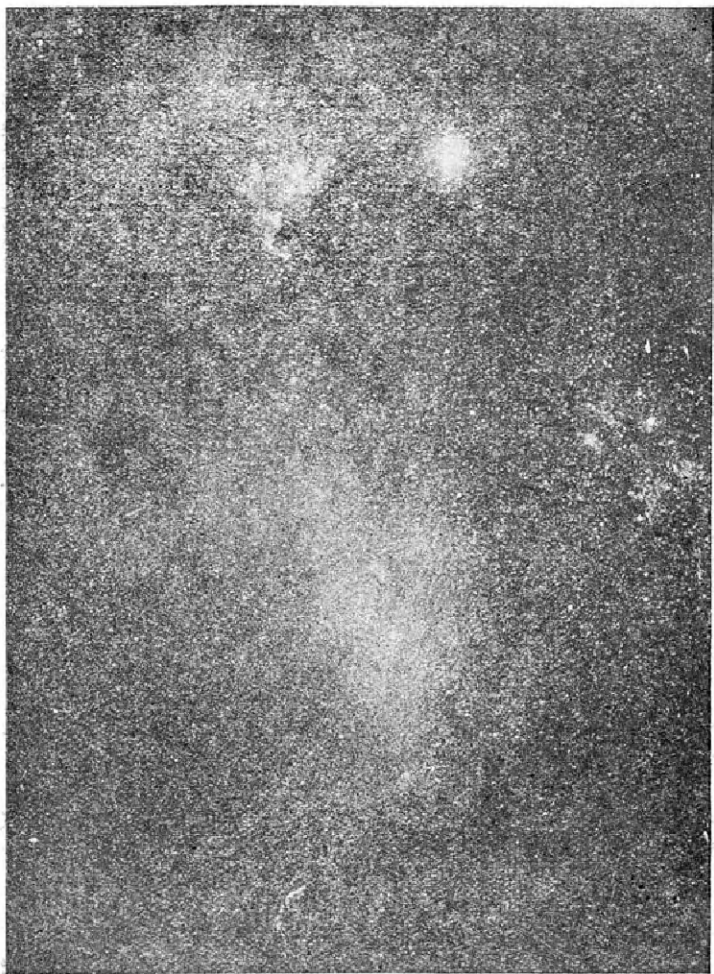


Рис. 63. Млечный Путь в созвездии Лебедя.

Путь в бинокль, можно заметить, что разные его участки имеют различную яркость. Это происходит именно оттого,

что в одних частях Млечного Пути мы видим больше звёзд, чем в других. Чтобы получить полное представление о строении Млечного Пути, проследите его от созвездия к созвездию, зарисуйте его очертания и оцените яркости отдельных частей, обозначая их сокращённо по следующей шестибалльной шкале:

очень яркий.....	6
яркий.....	5
довольно яркий.....	4
неяркий.....	3
слабой яркости.....	2
очень слабой яркости.....	1

Четыре карты Млечного Пути, помещённые в конце книги, дают общее представление об очертаниях и густоте видимого распределения в нём звёзд. Наблюдатель по ним может более подробно ознакомиться с различием яркости в разных участках Млечного Пути.

Наблюдения показывают, что звёзды неодинаково густо рассеяны по небу: их больше в тех местах, где проходит Млечный Путь. Впервые заметил это ещё в XVIII в. Вильям Гершель, начавший свою работу как любитель астрономии. Гершель, со своим самодельным телескопом проводил подсчёты числа звёзд, видимых в поле зрения, наводя телескоп на различные области неба. Сделав много таких подсчётов и сопоставив полученные им числа с положением наблюдавшихся областей неба по отношению к Млечному Пути, он и пришёл к выводу, что чем ближе к полосе Млечного Пути, тем больше на небе звёзд.

С биноклем можно проделать подобную же работу. Глядя в обе трубки бинокля, подсчитайте число звёзд в пределах поля зрения, но при этом постепенно передвигайте бинокль соответственно суточному вращению неба, чтобы в него были видны одни и те же звёзды. Если вы сделаете такие пробные подсчёты сначала в областях неба, близких к Млечному Пути, а потом всё дальше и дальше от него, то легко заметите, что около Млечного Пути звёзд, видимых в бинокль, почти в 4 раза больше, чем в наиболее удалённых от него областях.

Нет никаких оснований думать, что такое распределение звёзд случайно. Ещё В. Гершель, сделав такие «черпки»

звёзд, пришёл к выводу, что наша солнечная система находится внутри большого скопления звёзд, имеющего форму линзы или часов. Полоса Млечного Пути образует как бы контур этого скопления в направлении наибольшего диаметра, поэтому-то здесь мы и видим больше всего звёзд. Весьма важные соображения о предварительной схеме Гершеля, её уточнении и углублении, были высказаны первым директором Пулковской обсерватории В. Я. Струве, указавшим, между прочим, и на существование поглощения света, которое следует учесть при рассмотрении строения звёздной системы. Высказанные В. Я. Струве в 1847 г. мысли полностью подтвердились в наше время и получили развитие в работах многих советских астрономов.

В настоящее время нашу звёздную систему принято называть Галактикой\*), а все находящиеся в ней небесные образования — звёзды, туманности, скопления звёзд — галактическими.

После изобретения зрительных труб, когда началось более подробное изучение звёздной вселенной, на небе стали открывать небесные объекты, которые по общему виду напоминали светящиеся облачка очень малого видимого размера. Одни из них имели круглую форму, другие были вытянутыми, а третьи и совсем неправильного вида. Все эти небесные объекты стали называть «туманностями». Более подробное изучение этих туманных объектов показало, что одни из них состоят из большого числа слабых по своему блеску звёзд, более или менее скученных, — их назвали звёздными скоплениями; другие даже в сильные трубы не разделялись на звёзды и их продолжали называть туманностями. Первый список или каталог туманностей, включавший 107 объектов, был составлен Мессье в конце XVIII в. Через сто лет гораздо более полный Новый генеральный каталог (сокращённо называемый NGC) был составлен Дрейером. Впоследствии вышли два дополнения к этому каталогу (сокращённо IC). В настоящее время туманности обозначаются номерами, под которыми они занесены в каталоги Мессье или Дрейера, с добавлением сокращённого названия каталога, например: М 33, NGC 6530, IC 418.

---

\*) Галактика-от Млечный Путь, по гречески «галаксиас» (γαλαξίας) — млечный.

Применение методов спектрального анализа даёт возможность с уверенностью определить природу туманности. С помощью этих методов удалось установить, что некоторые туманности, которые даже и в сильнейшие телескопы не разделяются на звёзды, на самом деле состоят из звёзд.

Все туманности можно разделить на три основные группы: звёздные скопления, диффузные или газовые туманности, внегалактические туманности. (Название «туманность» сохранилось до настоящего времени как указание на вид, а не на природу объекта.)

Внегалактические туманности являются по большей части чрезвычайно далёкими от нас огромными звёздными системами, подобными нашей Галактике. Одну из таких внегалактических туманностей можно видеть и невооружённым глазом. Она находится в созвездии Андромеды, вблизи звезды  $\gamma$ , и носит обозначение M31 или NGC 224 (рис. 64).

Для наблюдений всех вообще туманных объектов наиболее полезен бинокль с большой светосилой; в этом случае очень хороши галилеевские бинокли, а из призмённых особенно пригоден бинокль типа биноктар.

В бинокль можно легче, чем в большие телескопы, определять общий или, как говорят, интегральный блеск туманностей, так как бинокль даёт малое увеличение, и многие туманности выглядят как звездообразные объекты, благодаря чему их легко сравнивать со звёздами. Интегральный блеск туманностей также выражается в звёздных величинах.

Существует два вида звёздных скоплений: рассеянные\*) и шаровые. Первые не имеют сколько-нибудь правильной формы (рис. 65) и состоят из нескольких десятков или сотен звёзд; шаровые скопления включают несколько десятков или сотен тысяч звёзд и кажутся светящимися кружками, более яркими в центре (рис. 66). Любителю полезно будет пересмотреть все отмеченные в каком-либо атласе скопления, зарисовать их, оценить концентрацию в них звёзд и интегральную звёздную величину. Наиболее интересны следующие рассеянные скопления: Плеяды в

---

\*) Иногда их называют «открытыми», но это буквальный перевод английского термина, не дающий представления об их строении.

созвездии Тельца (хорошо видно невооружённым глазом) скопления в созвездиях Персея (недалеко от звезды  $\eta$ ) и Возничего (между звёздами  $\beta$  и  $\zeta$ ). В созвездии Геркуле-



Рис. 64. Туманность Андромеды.

са, между звёздами  $\zeta$  и  $\eta$ , при благоприятных условиях можно даже простым глазом видеть шаровое скопление М 13.

Исследования показали, что видимая интегральная звёздная величина звёздных скоплений тем меньше, чем дальше от нас скопление. Иными словами, их интеграль-

ную абсолютную звёздную величину в среднем можно считать одинаковой; определив её, мы тем самым получаем сведения о расстояниях скоплений. Для рассеянных скоплений интегральная абсолютная величина в среднем — 1, для шаровых — 7. Видимые же интегральные величины скоплений не превосходят 6-й звёздной величины.

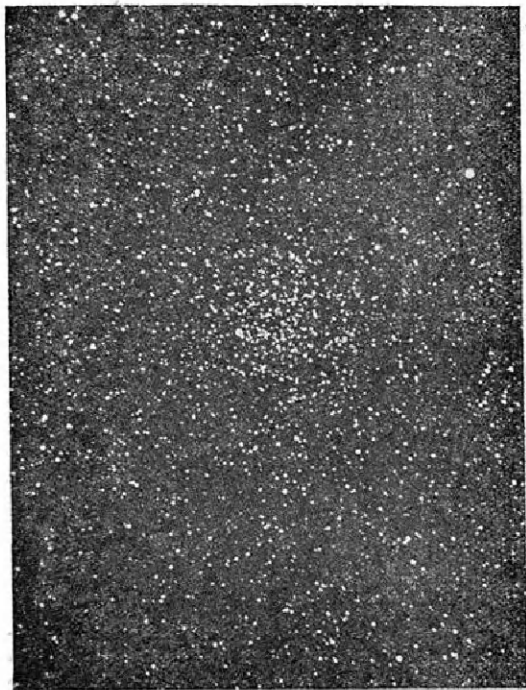


Рис. 65. Рассеянное звёздное скопление.

Умение оценивать интегральные звёздные величины скоплений и туманностей для любителей астрономии весьма полезно при наблюдении комет, которые в момент появления бывают похожи на круглые туманности. Первый каталог интегральных величин туманностей и звёздных скоплений был составлен чешским астрономом И. Голечеком отчасти и для того, чтобы пользоваться им при оценке блеска комет. Для определения интегральных звёздных величин

туманностей и звёздных скоплений пользуются теми же правилами, что и для определения блеска переменных звёзд: сравнивают туманность с более слабой и более яркой звездой каким-либо из указанных выше способов. В этом случае, однако, сравнение затрудняется тем, что

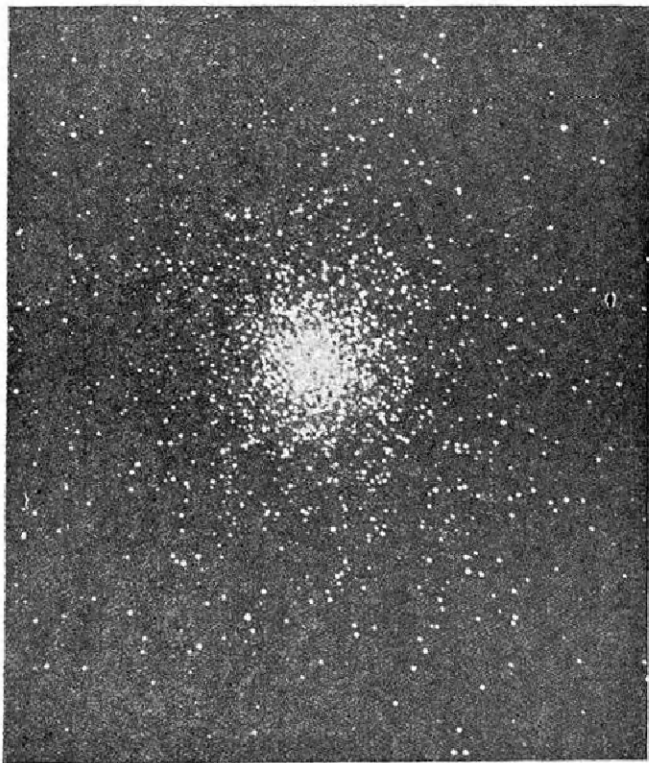


Рис. 66. Шаровое звёздное скопление.

туманности не представляются светящимися точками, как звёзды. Поэтому приходится немного сдвинуть окуляр с фокусировки, чтобы получить расплывчатое изображение звезды, по виду и размерам похожее на наблюдаемый объект. Если туманность очень мала, то достаточно лишь небольшого сдвига окуляра.

Зная среднюю интегральную абсолютную величину скоплений, любитель астрономии, определив их видимые интегральные величины, может вывести и расстояния.

Диффузные туманности находятся внутри нашей Галактики и представляют собой сгущения тонкой пыли и газа. Они светятся, как предполагают, под действием излучения звёзд, расположенных неподалеку от них.

В бинокль можно видеть несколько таких туманностей. Наиболее красива диффузная туманность в созвездии Ориона, окружающая четверную звезду Ориона. При рассматривании в бинокль можно легко заметить как бы клочковатое строение этой туманности (рис. 67). Биноклю доступны и другие диффузные туманности не слабее 7—8-й звёздной величины. Определение их интегрального блеска несколько труднее, чем для звёздных скоплений.

Внегалактические туманности по своему внешнему виду делятся на эллиптические, спиральные и неправильные. Кроме уже упоминавшейся туманности Андромеды (рис. 64), лишь немногие можно наблюдать в очень сильный бинокль. С помощью крупнейших телескопов удалось разделить на звёзды краевые части некоторых из этих туманностей, а в последнее время была установлена звёздная природа внутренних частей туманности Андромеды.

Средняя интегральная абсолютная величина внегалактических туманностей равна—15 (у туманности Андромеды даже—17,5), т. е. они светят примерно в 10 000 раз ярче, чем шаровые звёздные скопления.

Определив видимую интегральную звёздную величину туманности Андромеды (около 5), можно рассчитать, что она расположена гораздо дальше от нас, чем шаровое звёздное скопление в Геркулесе, и, очевидно, гораздо больше по истинным размерам и по числу входящих в неё звёзд.

Число известных внегалактических туманностей чрезвычайно велико.

Изучение внегалактических туманностей в сопоставлении с наблюдениями объектов нашей звёздной системы привело к современным представлениям о строении Галактики. Оказалось, что многие из этих внегалактических туманностей — спиральные туманности, очень похожи на нашу Галактику как по своей структуре, так и по размерам. Тогда и явилось предположение, что наша звёздная система представляет собой спиральную туманность,



которую мы наблюдаем изнутри в виде сгущения звёзд в Млечном Пути. Если бы мы могли посмотреть на нашу Галактику с очень большого расстояния (в несколько со-



Рис. 67. Туманность в созвездии Ориона.

тен тысяч световых лет), то мы, вероятно, увидели бы спиральную туманность, подобную туманности в Андромеде. Внутри Галактики мы можем себе представить плоскость, в которой более всего сгущены звёзды; эту плоскость называют плоскостью галактического экватора. Наше

Солнце — одна из звёзд Галактики—находится близ плоскости галактического экватора, поэтому Млечный Путь и делит примерно пополам небесную сферу (рис. 68). Внутри Галактики, главным образом близ её экватора, находятся светлые и тёмные диффузные туманности и рассеянные звёздные скопления. Вокруг Галактики расположены шаровые звёздные скопления — это самые отдалённые её части. Если мы будем считать Галактику большим звёздным городом, то шаровые скопления — её пригороды. Исследование размеров и строения Галактики представило большие трудности вследствие существующего в межзвёздном пространстве поглощения света. Расстояния определялись и определяются по многим признакам, главным образом по видимому блеску звёзд и интегральному блеску туманностей и скоплений. Наличие поглощения света уменьшает видимый блеск. Чтобы учесть это поглощение и определить блеск, не искажённый поглощением, было сделано много исследований. Выдающиеся исследования поглощения света, строения Галактики и расположения в ней тёмной материи были сделаны советскими учёными Г. А. Шайном, В. Г. Фесенковым, В. А. Амбарцумяном, П. П. Паренаго, К. Ф. Огородниковым, Б. В. Кукаркиным и др. Интегральные звёздные величины скоплений и планетарных туманностей были заново измерены М. Е. Набоковым и Б. А. Воронцовым-Вельяминовым. Центр Галактики находится от нас в направлении созвездий Стрельца, Скорпиона и Щита. Возьмите бинокль и исследуйте эту область неба: вы будете видеть особенно яркие части Млечного Пути, отдельные облака звёзд, большое число рассеянных и шаровых звёздных скоплений. Это самые богатые звёздами и другими небесными объектами области Галактики. Но многое в окрестностях галактического центра ещё скрыто от нас многочисленными тёмными туманностями. Если теперь направить бинокль на область созвездия Лебедя, то можно увидеть, что Млечный Путь здесь разделяется на две полосы, из которых одна продолжается до созвездий Щита и Змееносца. Изучая полосу Млечного Пути, можно заметить, что вдали от галактического центра его «облака» ещё довольно ярки в созвездиях Лебедя, Цефея, Кассиопеи. В стороне, противоположной галактическому цент-

ру, — в созвездиях Тельца и Ориона, — Млечный Путь значительно слабее, однако в этом направлении довольно хорошо видны рассеянные звёздные скопления. Часть полосы Млечного Пути, проходящую в южной половине небесной сферы, мы в пределах СССР наблюдать не можем. Там тоже есть яркие облака в созвездиях Науголь-

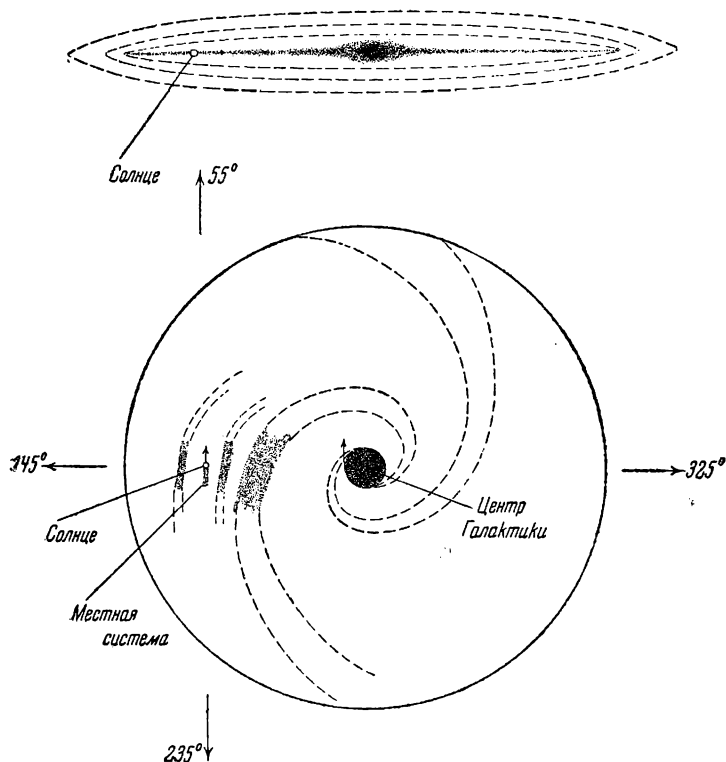


Рис. 68. Схематическое изображение строения Галактики.

ника и Киля. В южной же полусфере, в стороне от Млечного Пути, можно наблюдать «Магеллановы Облака» — две внегалактические туманности неправильного типа. Это самые близкие к нам внешние звёздные образования.

При изучении строения Галактики выгоднее пользоваться не экваториальной системой координат, а системой, в которой за основную линию принят галактический эква-

тор. В системе галактических координат прямому восхождению соответствует галактическая долгота, а склонению— галактическая широта. На «путеводных» картах, приведённых в конце книги, указана линия галактического экватора. По этим картам легко сообразить, в какой стороне Галактики видно какое-либо созвездие, а следовательно, и какую концентрацию звёзд и других звёздных объектов можно в нём ожидать. Любитель астрономии, желающий изучить нашу звёздную систему—Галактику, пользуясь этими картами, может спланировать свои наблюдения с биноклем в известном порядке, идя или от полюса Галактики к её экватору или в обратном направлении. Около полюса Галактики хорошо видны далёкие внегалактические туманности, не закрытые от нас поглощающей межзвёздной материей и скоплениями звёзд нашей системы. На «путеводных» картах изображены участки неба, включающие несколько созвездий; пунктирными линиями намечены для облегчения ориентировки переходы от ярких звёзд созвездий к тем или иным объектам. Эти карты включают не все звёзды, которые можно видеть в бинокль. (Более полные карты имеются в «Атласе северного звёздного неба» А. А. Михайлова.) Цель этих карт только в том, чтобы ознакомить наблюдателя с основными видами небесных объектов (двойными и переменными звёздами, туманностями и звёздными скоплениями), показать, как располагаются на небесной сфере опорные линии и точки. На этих картах отмечены и такие небесные объекты, которые могут быть видимы в бинокль с 12-кратным увеличением. Наблюдатель, отличающийся острым зрением, может попытаться увидеть их и в бинокль с меньшим увеличением. На картах приведены данные о двойных и переменных звёздах и туманностях. Рядом с значками двойных звёзд стоят два числа: слева — расстояние (в секундах дуги) между составляющими, справа—блеск составляющих. Двумя числами характеризуются и переменные звёзды: слева проставлены наибольшее и наименьшее значения блеска звезды, справа — период звезды (в сутках). Номера туманностей даны либо по каталогу Мессье, либо по Новому Генеральному каталогу Дрейера; в первом случае рядом с номером стоит буква М. В скобках проставлен видимый интегральный блеск туманности. Места туманностей и звёздных скоплений указаны знаком. Для от-

личия от туманностей обозначения звёздных скоплений не подчёркнуты. Во всех случаях звёздные величины даны округлённо. Кроме галактического экватора, показанного пунктирной линией с крестиками, на картах отмечены полюс Галактики, полюс эклиптики, северный полюс неба и та точка, по направлению к которой движется наше Солнце с системой планет (апекс Солнца).

Ознакомление со звёздным миром удобнее всего начать с околополюсных созвездий, постоянно видимых на нашем небосводе. На первой карте мы видим созвездия Большой и Малой Медведиц и частично созвездия Дракона и Гончих Псов. Звезда  $\zeta$  Большой Медведицы, около которой можно видеть даже и невооружённым глазом слабую звёздочку (Алькор), сама является двойной; звёзды, её составляющие (2-й и 4-й звёздной величины), находятся на расстоянии в 14 секунд дуги друг от друга. В этом же созвездии можно видеть в бинокль и другие двойные звёзды: N65 (под  $\gamma$ ) и  $\Sigma$  1415 (над  $\alpha$ ). Кроме того, полезно попытаться рассмотреть туманности M81 и M51, так как интегральный блеск каждой из них около 8-й звёздной величины. Интересным объектом для наблюдений является переменная звезда R Большой Медведицы, блеск которой меняется от 6-й до 14-й звёздной величины с периодом в 300 суток. Может быть, во время первого наблюдения её даже и не удастся увидеть, если её блеск в этот момент близок к минимальному. Осматривая через каждые 5—10 суток эту область неба можно заметить появление звезды, увеличение её блеска, затем новое уменьшение блеска и исчезновение. Ознакомившись с этой областью неба, переходим к ближайшей к ней, например области созвездий Лебедя и Лиры. Здесь мы заметим большее разнообразие объектов, в частности и звёздные скопления, так как через эту область проходит галактический экватор. Любитель астрономии сможет в безлунную ночь проследить очертания Млечного Пути в области созвездия Лебедя, рассмотреть его отдельные облака и разветвление, которое начинается именно здесь и продолжается в направлении созвездий Щита и Стрельца.

Так, переходя от одной области к другой, можно ознакомиться со всем небом.

## IV. СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

«Оставив земные предметы, я с моим орудием обратился к небесным и, прежде всего, взглянул на Луну, приблизившуюся ко мне на расстояние лишь двух земных радиусов. Затем с неописуемым наслаждением я много раз наблюдал неподвижные и блуждающие звёзды».

(Галилео Галилей «Звёздный Вестник», 1610 г.)

### § 22. Передвижения планет

Наша солнечная система состоит из Солнца — сравнительно небольшой и неяркой жёлтой звезды — и обращающихся вокруг него девяти больших планет, нескольких десятков тысяч малых планет, или астероидов, множества комет и метеорных тел. Большинство больших планет имеет системы спутников. Расстояния от Земли до других планет невелики по сравнению с расстояниями до звёзд. Пользуясь биноклем, нетрудно ознакомиться с поверхностью Луны и Солнца.

Вследствие обращения планет и самой Земли вокруг Солнца, планеты не остаются неподвижными на небесной сфере, а передвигаются среди звёзд, не отклоняясь, однако, больше чем на  $30^\circ$  к югу или северу от небесного экватора. Для того чтобы можно было отыскать планету на небе, в астрономических календарях даются координаты планет (прямое восхождение  $\alpha$  и склонение  $\delta$ ). Не все планеты видимы невооружённым глазом: Уран, Нептун и наиболее яркие из астероидов доступны биноклю и представляются звездообразными светилами.

Заметить невооружённым глазом передвижение планет не всегда легко, так как далёкие планеты, например Сатурн, движутся по небу медленно. Нужно несколько дней, а иногда и  $\frac{1}{2}$  месяца, чтобы заметить, что такая планета переместилась среди звёзд. С биноклем, увеличивающим все угловые размеры по крайней мере в 6 раз,

это можно сделать гораздо легче. Определив по астрономическому календарю положение планеты, найдите её на небе и, наведя на неё бинокль, заметьте ближайшие к ней звёзды видимые в поле зрения. Оцените на-глаз угловое положение планеты по отношению к нескольким ближайшим звёздам, зарисуйте расположение планеты среди звёзд, и уже через 3 — 4 вечера можно будет заметить, что планета переместилась. Если сравнить отрезки пути различных планет, проходимые ими в период прямого движения в одинаковые промежутки времени, то можно легко сообразить, какие из планет ближе, какие дальше от нас.

Наблюдения некоторых планет можно сделать ещё более интересными, если оценивать их блеск такими же методами, как это делается для переменных звёзд; в этом случае наблюдатель, сопоставляя свои наблюдения, заметит изменения блеска, происходящие от изменений расстояния между планетой и Землёй.

С шестикратным биноклем можно проводить наблюдения четырёх ярких спутников Юпитера, когда они достаточно далеко отходят от диска планеты. При этом наиболее интересно проследить их передвижение по отношению к Юпитеру и, таким образом, увидеть как бы модель солнечной системы. Самый далёкий из ярких спутников — Каллисто — обращается вокруг Юпитера за 16 дней  $16\frac{1}{2}$  часов и удалён от него на 26 радиусов планеты; самый близкий — Ио — отходит от планеты на 6 радиусов и совершает полный оборот за 1 день  $18\frac{1}{2}$  часов.

В астрономическом календаре даются сведения о расположении спутников Юпитера; по этим данным легко сообразить, в какую сторону должен двигаться каждый спутник. Поверхности планет в бинокль наблюдать нельзя, но можно попытаться, имея бинокль с увеличением в 8 или больше раз (или применив повышение увеличения бинокля), заметить фазы Венеры, кольца Сатурна, сплюснутость диска Юпитера. С помощью бинокля можно видеть две малые планеты: Цереру и Палладу.

Координаты планет ежегодно печатаются в Астрономическом календаре. Приближённые данные, вполне достаточные для отыскания планеты на небе, содержатся в Графическом астрономическом календаре М. Е. Набокова (см. Приложение VI).

### § 23. Наблюдения Луны

Всем известно, что Луна в течение месяца (точнее за  $29\frac{1}{2}$  суток) проходит последовательность фаз, меняет свой вид. Объясняется это тем, что Луна светит отражённым солнечным светом, и когда она при своём движении занимает разные положения по отношению к Земле и Солнцу, то мы либо не видим лунного диска (новолуние), либо видим его освещённым частично (первая и последняя четверти), или целиком (полнолуние). В периоды, когда Луна имеет вид узенького серпа, бывает видна и остальная её часть, освещённая не прямыми солнечными лучами, а отражённым светом Земли. Это так называемый «пепельный свет» Луны.

Среднее расстояние Луны от Земли 384 400 км; шестикратный бинокль как бы приближает её до 64 000 км; на таком расстоянии можно проследить особенности её поверхности. В бинокль отлично выделяются горные цепи, низменности (так называемые «моря») и наиболее крупные кольцевые горы — кратеры (рис. 69). Чтобы ознакомиться с особенностями поверхности Луны, недостаточно одного вечера наблюдений прежде всего потому, что вследствие фаз мы видим лишь отдельные участки лунного диска. Однако и в полнолуние нельзя получить полного представления об особенностях поверхности Луны, так как в это время тени от неровностей лунной поверхности не видны.

Представление о лунной поверхности можно получить, лишь наблюдая в течение целого месяца (если достаточно много ясных вечеров) и обращая внимание преимущественно на те места лунной поверхности, где проходит граница тени. В этих местах рельеф особенно выделяется, и то, что не заметно в полнолуние, можно видеть на границе тени во время других фаз и притом с разных сторон.

Для наблюдений Луны можно применить повышение увеличения бинокля, описанное выше. Так как при этом могут сказаться несовершенства объектива, то ввиду сравнительно большой яркости этого светила следует закрыть объектив крышкой с круглым отверстием (диафрагмой), диаметром примерно в 2 раза меньшим, чем диаметр объектива.



При изучении поверхности Луны следует пользоваться картой (Приложение III), на которой изображены основные детали: «моря», кратеры, горные цепи.

Наблюдая в бинокль, можно убедиться в том, что на Луне нет атмосферы и что она обращена к нам всегда одной

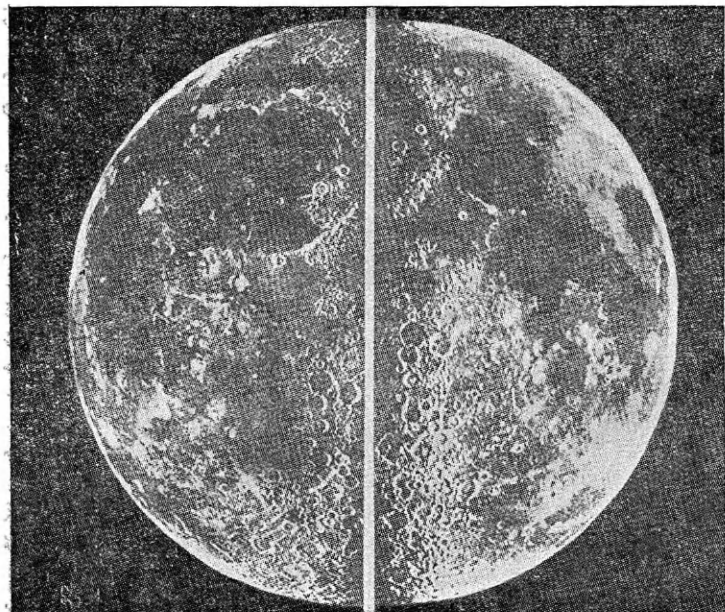


Рис. 69. Составная фотография лунной поверхности.

и той же стороной. Луна передвигается среди звёзд справа налево (мы предполагаем, что наблюдатель находится в северном полушарии), при этом иногда можно наблюдать явление покрытия звезды Луной. Глядя в бинокль, заметим слева от Луны и недалеко от её края какую-нибудь звезду. Продолжая наблюдение, мы увидим, как Луна постепенно приближается к звезде и, наконец, закрывает её. Блеск звезды не меняется, как бы близко к краю Луны она ни подходила: звезда мгновенно скрывается за лунным диском. Если бы Луна была окружена

атмосферой, то блеск звезды по мере приближения к краю уменьшался бы постепенно.

Наблюдая Луну при разных фазах, можно заметить, что на ней видны одни и те же детали, меняющие свой вид только вследствие того, что Солнце освещает их с различных сторон. Это показывает, что Луна постоянно обращена к Земле одной и той же стороной, поэтому и карта Луны состоит только из одного полушария.

Изучение поверхности Луны следует, конечно, начинать не с мелких подробностей, а с общих очертаний «морей», затем переходить к горным цепям, большим кратерам и, наконец, к наименьшим деталям, какие можно заметить (в зависимости от качеств бинокля). Наиболее доступны для наблюдений области моря Дождей и моря Ясности, где видны большие кратеры и высокие горные цепи на окраинах. От некоторых кратеров во все стороны расходятся узкие светлые полосы. Особенно заметны эти системы «лучей» у кратеров Тихо и Коперник.

Очень интересно и поучительно сделать ряд рисунков одного и того же участка лунной поверхности; такие рисунки наглядно покажут, как меняется её вид в зависимости от освещения, и дадут представление об относительной высоте лунных гор.

Интересно проследить видимость деталей при пепельном свете и сравнить её с видимостью во время полнолуния.

Во время лунных затмений следует зарисовать (по возможности красками) вид Луны при различных фазах затмения. Знание лунной поверхности облегчит составление такого рисунка.

Если перевернуть бинокль (смотреть через объектив), то Луна представляется очень маленьким ярким кружочком. Во время затмения, глядя таким образом на Луну и сравнивая её с самыми яркими звёздами, можно приблизительно определить изменение её общего блеска.

## **§ 24. Наблюдения Солнца**

При наблюдениях Солнца в телескоп или бинокль, на его поверхности обычно можно заметить пятна; в большой телескоп хорошо видна структура пятен. Пятна эти не остаются неизменными: иногда за короткий промежуток

времени они совершенно меняют свой вид, появляются и вновь исчезают на блестящей поверхности Солнца. Долголетние наблюдения показывают, что число пятен, появляющихся на диске Солнца, периодически меняется. В среднем через каждые 11 лет число пятен достигает максимума. Периодичность эта не особенно правильна: случается, что максимум наступает и через 8 лет после предыдущего, а иногда даже и через 15 лет.

Последний цикл пятнообразовательной деятельности на Солнце начался в середине 1943 г. (рис. 70). Максимум

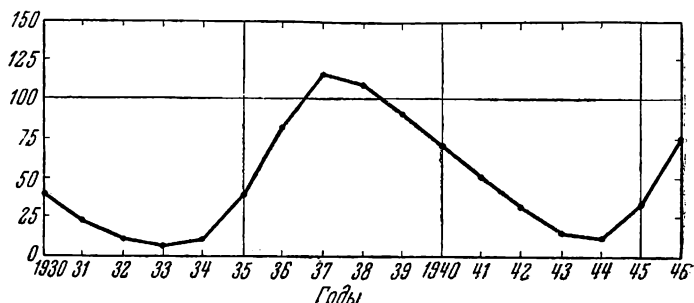


Рис. 70. Кривая чисел солнечных пятен.

этого цикла был в 1947 г.; в ближайшие годы можно ожидать уменьшения числа пятен.

С биноклем невозможно рассмотреть подробности строения солнечных пятен, но нетрудно вести счёт числа крупных пятен и отмечать их положение на солнечном диске.

Для того чтобы обнаружить наличие больших солнечных пятен на Солнце с помощью бинокля, можно применить два способа: рассматривание в бинокль и проектирование на экран.

*Нельзя непосредственно смотреть на Солнце, не защитив глаза от его ослепительного блеска.* Поэтому, собираясь рассматривать Солнце в бинокль, следует заранее заготовить дощечки с небольшими круглыми отверстиями (диафрагмами), вставляющиеся в объективное кольцо, а к окулярам приставить тёмные стёкла. Стёкла эти можно сделать, либо закоптив стеклянную пластинку, либо применив фотометрический клин, изготовление ко-

торого описано выше. Для наблюдений Солнца клин в его крайней части должен быть очень тёмным, примерно таким, чтобы нити электрической лампочки, на которую мы посмотрим при предварительном испытании, не были видны. Такой клин легко изготовить, сделав указанным выше способом два клина, сложив их вместе одинаковыми концами и заклеив по краям полосками бумаги. Ширина этих фотоклинов должна быть  $1-1\frac{1}{2}$  см.

Наглазники при окулярах бинокля легко свинчиваются. Свинтив эти наглазники, надо пропилить в них боковые отверстия, сквозь которые можно вставить и продвинуть клин, а затем снова навинтить.

Наблюдая Солнце с диафрагмированным объективом, можно фотоклины вдвинуть так, как это необходимо, чтобы видеть без напряжения для глаз. Диафрагмировать можно до небольшого диаметра (3—4 мм), так как диафрагмирование предохраняет всю оптическую систему и фотоклин от вредного перегрева.

Наблюдая солнечные пятна, можно легко заметить, что все они изо дня в день перемещаются по диску Солнца в одном и том же направлении. Это перемещение пятен объясняется вращением Солнца вокруг оси. Составляя последовательные рисунки солнечного диска с пятнами, можно получить представление о направлении оси вращения Солнца, а также о скорости его вращения.

Рисунки, сделанные при таких непосредственных наблюдениях в бинокль, не будут особенно точны, но, изменив способ наблюдения, можно выполнить рисунки и более точно.

Этот способ заключается в том, чтобы, пользуясь большой яркостью Солнца, получить на белом листе бумаги большое (диаметром 5—10 см) изображение Солнца. Для этого надо так же, как при наблюдении Луны, укрепить бинокль на доске, на конце которой установить под прямым углом дощечку из фанеры. К этой дощечке можно прикрепить кнопками лист бумаги, — тогда изображение Солнца будет падать на этот лист. Регулируя окуляр, можно получить достаточно резкое и яркое изображение. При этом нужно, чтобы на белый лист (экран) не падали непосредственно лучи Солнца. Загородить экран от прямых лучей Солнца можно картонной ширмой, име-

ющей отверстие, диаметр которого равен диаметру объектива. Изображение на экране получается «зеркальным» и, кроме того, перевернутым.

Чтобы навести установку на Солнце, нет надобности смотреть в бинокль, — достаточно, сняв ширму, передвижением доски получить на экране тень от бинокля, а после этого, не сдвигая доски, надеть ширму на объективы и добиться резкости изображения передвижением окуляра.

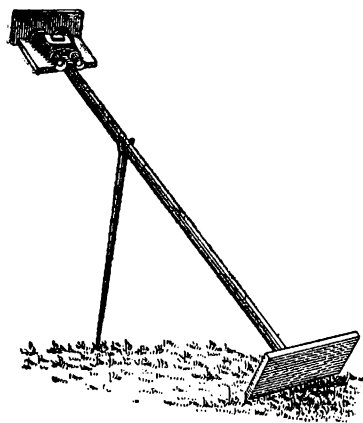


Рис. 71.

Чем большее изображение Солнца мы хотим получить, тем длиннее должна быть установочная доска. Чтобы сделать всё приспособление более лёгким, нужно взять тонкую доску и к ней внизу привинтить для жёсткости планку или заменить доску длинной палкой, к концам которой прибить две дощечки: одну для привинчивания бинокля, а другую — для экрана (рис. 71). В рабочем положении доска одним концом опирается о землю или о стол,

а другим — о какую-нибудь подставку (стул или рогульку, воткнутую в землю).

Для зарисовки расположения пятен на диске Солнца надо заранее на листе бумаги вычертить круг, равный по диаметру получаемому изображению Солнца. Прикрепив кнопками этот лист к экранной доске, передвигаем всё приспособление так, чтобы изображение Солнца точно совместилось с кругом, и быстро отмечаем карандашом положение каждого пятна.

Через две минуты вследствие суточного движения Солнца изображение его сместится с круга на величину его диаметра, и тогда нужно вторично отметить на экране положение какого-либо из пятен (заметив, какого именно). Соединив прямой линией первую и вторую отметки одного и того же пятна, получим направление суточной параллели. Проведя через центр диска Солнца два взаимно перпен-

дикулярных диаметра, один из которых параллелен этому направлению, получим на диске Солнца точки севера, юга, востока и запада.

Для указания положения пятен и других образований на поверхности Солнца пользуются так называемой гелиографической системой координат (гелиос — по-древнегречески Солнце). Основной линией в этой системе является экватор Солнца; каждой точке на поверхности Солнца соответствуют определённые гелиографическая широта и долгота. За начало счёта долгот принят солнечный меридиан, проходивший через точку пересечения солнечного экватора с плоскостью орбиты Земли 1 января 1854 г.

Оказалось, что гелиографическая широта пятен связана с состоянием солнечной активности, или, как говорят, с «фазой» цикла. Пятна появляются не по всей поверхности Солнца, а главным образом в широтах от  $\pm 5$  до  $\pm 40^\circ$ , причём в начале цикла они сосредоточены в высоких широтах, к концу же цикла — в низких. Следовательно, за время цикла они постепенно приближаются к экватору, и поэтому при наблюдениях полезно не только подсчитывать пятна, но и обратить внимание на их положение. Вследствие наклона оси вращения Солнца к плоскости земной орбиты (эклиптики) наблюдатель с Земли видит экватор и ось вращения Солнца в разное время года под разными углами. В графическом календаре (Приложение VI) изображены расположение оси вращения Солнца (относительно круга склонения) и вид экватора. Только два раза в году экватор имеет вид прямой линии, в остальное время он принимает форму полуэллипса, обращённого выпуклостью вверх или вниз. В этом же календаре приведены две кривые линии, по которым можно построить на рисунке Солнца ось вращения и экватор. Одна линия изображает изменение «угла положения» Солнца. Угол положения показывает, на какой угол отклонена ось Солнца от круга склонения. Угол положения считается для северного конца оси положительным в сторону восточной части диска. Другая линия, обозначенная буквой  $B_0$ , показывает, на какой угол возвышается экватор над диаметром, перпендикулярным к оси вращения. Или, иначе,  $B_0$  показывает, на какой угол Земля, если на неё смотреть из центра Солнца, поднимается над солнечным экватором.

Именно поэтому экватор Солнца и параллели представляются нам при наблюдениях кривыми (полуэллипсами). Чтобы освободить любителей астрономии при обработке наблюдений Солнца от необходимости вычислений, мы даём значение возвышения экватора над центром,  $D_1$  в долях радиуса изображения ( $R_0 = 10$  см):

$$D_1 = R_0 \sin B_0,$$

а также возвышение полюса

$$D_2 = R_0 \sin B_0,$$

Угол  $B_0$  изменяется в пределах от 0 до  $7^\circ 15'$ .

Приводим здесь таблицу.

$B_0$	$D_1$	$D_2$	$B_0$	$D_1$	$D_2$
$0^\circ 00'$	0,000 см	1,0000 см	$4^\circ 00'$	0,698 см	0,9976 см
0 30	0,087	1,0000	4 30	0,785	0,9969
0 00	0,175	0,9998	4 00	0,872	0,9962
1 30	0,262	0,9997	5 30	0,958	0,9954
1 00	0,349	0,9994	5 00	1,05	0,9945
2 30	0,436	0,9990	4 30	1,13	0,9936
3 00	0,523	0,9986	4 00	1,22	0,9925
3 30	0,610	0,9981	7 15	1,26	0,9914

Отрицательные значения  $B_0$  в таблицах обозначают, что экватор Солнца поднимается *выше* центра солнечного диска (к северу). Чтобы наглядно показать, насколько обработка рисунка Солнца помогает представить себе положение пятна на Солнце и в то же время научить такой обработке любителя, разберём пример.

**Пример.** Пусть 15 августа сделан рисунок Солнца на экране и отмечено направление движения диска по экрану (с востока на запад). Значение  $P = 15^\circ, 5$ ,  $B_0 = +6^\circ, 5$ ,  $D_1 = +1,13$  см при радиусе диска Солнца в 10 см.

Если радиус диска Солнца на нашем рисунке равен 2 см, тогда

$$D_1 = \frac{2}{10} \cdot 1,13 \text{ см} = +0,226 \text{ см или } +2\frac{1}{4} \text{ мм.}$$

Проводим последовательно следующие построения: 1) через центр диска Солнца проводим прямую, перпендикулярную к направлению движения; 2) отмеряем угол  $P$  и намечаем направление оси; 3) проводим пунктиром диаметр, перпендикулярный к оси; 4) отмеряем от центра в сторону южного конца оси  $2\frac{1}{4}$  м.м и рисуем экватор (это можно сделать и от руки); 5) намечаем конец оси, обращённый к Земле (отмериваем  $D_2$  от центра).

При той точности рисунка, которая возможна при наблюдениях с биноклем, данные графического календаря годятся для любого года.

Вращение Солнца вокруг оси отличается интересной особенностью: зоны солнечной поверхности, расположенные вблизи экватора, вращаются быстрее, чем околополюсные. Если по рисунку Солнца известна широта пятна\*), то можно приблизительно рассчитать, когда оно снова придёт в то же положение (если, конечно, оно не исчезнет за время полного оборота Солнца). Это можно сделать с помощью графика, изображённого на рис. 72. Следует заметить, что наиболее стойкими оказываются круглые, изолированные пятна.

Время одного оборота на различных широтах вычисляется по эмпирическим формулам, например, по формуле

$$T = \frac{360^\circ}{14^\circ,5 - 2,8 \sin^2 \varphi},$$

где  $\varphi$  — гелиографическая широта.

При систематических наблюдениях Солнца рекомендуется отдельно подсчитывать числа пятен на всём диске и числа групп, в которых они распределяются (изолированное пятно считают за одну группу). Результат ежедневных наблюдений записывается в виде числа, характеризующего солнечную активность. Это число  $W$  получается по формуле

$$W = k(10g + f),$$

где  $g$  — число групп,  $f$  — число пятен,  $k$  — коэффициент

---

\*) Здесь мы не приводим способов вычисления широты по рисунку Солнца, — они даются в некоторых справочных книгах, в том числе в постоянной части Русского астрономического календаря.



зависящий от инструмента и опытности наблюдателя. При наблюдениях с биноклем это число будет меньше, чем при наблюдениях с большим телескопом, но ход получающихся чисел будет примерно одинаков. Результаты полезно изображать графически.

Числа эти, называемые относительными числами Вольфа (по имени астронома, предложившего этот способ), отложены по вертикальной оси на рис. 70.

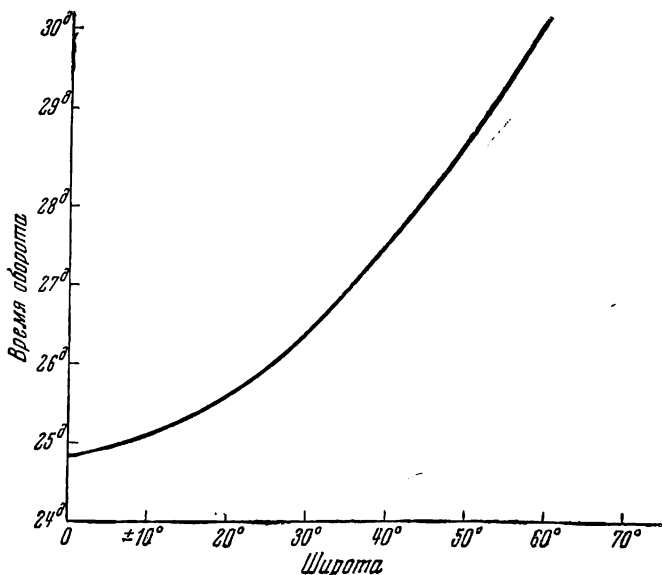


Рис. 72.

Наблюдения с биноклем дают не относительные числа Вольфа, а только пропорциональные им; их надо помножить на коэффициент  $k$ . Чтобы узнать значение  $k$ , сравнивают за долгий срок наблюдений свои числа с данными международных сводок.

Пример. При наблюдении зарегистрированы 3 группы и 11 пятен. Тогда  $\frac{W}{k} = 3 \cdot 10 + 11 = 41$ . Если в тот же день по сводкам солнечной активности относительное число Вольфа  $W = 73$ , то  $k = \frac{73}{41} = 1,78$ .

Наблюдения солнечной активности при помощи бинокля, естественно, дают менее полное представление о ней, чем наблюдения с астрономическими телескопами, однако любитель астрономии получает полезные сведения о текущем состоянии солнечной активности, об изменениях, происходящих на поверхности ближайшей к нам звезды. В некоторых случаях, когда из-за плохой погоды систематические наблюдения Солнца на обсерваториях прерываются, наблюдения с биноклем могут дать материал, полезный для науки.

Во время частных солнечных затмений можно, получая изображение Солнца на экране, делать рисунки фаз затмения. Промежутки между зарисовками должны составлять 10—15 минут. На каждом рисунке следует сразу же проставлять час и минуту, когда он был выполнен, а также отмечать нужные направления.

Во время полного затмения можно наблюдать светлое сияние вокруг Солнца — солнечную корону. В бинокль это красивое и редкое явление хорошо заметно. Сначала наблюдения можно вести на экране, но за несколько минут до наступления полной фазы надо подготовиться к непосредственному наблюдению в бинокль, так как корона не настолько ярка, чтобы её изображение на экране было достаточно ясным.

## § 25. Метеоры и кометы

Почти каждую ночь можно видеть «падающие звёзды» — метеоры. Явление метеора возникает, когда в земную атмосферу с большой скоростью вторгаются мельчайшие небесные тела, в большинстве случаев не превышающие размера песчинок. Раскаляясь вследствие трения о воздух, они чаще всего сгорают в атмосфере, не достигая земли. Процесс свечения метеоров довольно сложен: происходит не только быстрое нагревание поверхности самого метеорного тела, но и нагревание того воздуха, который оказывает сопротивление его движению. Некоторые крупные метеорные тела, главным образом те, которые влетают в атмосферу с небольшой скоростью, не успевают полностью «сгореть», и их остатки падают на землю, зарываясь иногда довольно глубоко в почву. Такие долетевшие до земли метеорные тела называют метеоритами. Исследова-

ние их состава показывает, что метеориты состоят из химических элементов, имеющих и на Земле. Некоторые метеориты состоят почти целиком из железа, большинство же метеоритов — каменные.

Наблюдения метеоров могут дать материал для объяснения не только их космической природы, но также и свойств верхних слоев нашей атмосферы (до 120 км над поверхностью Земли).

Бывают ночи, когда метеоров особенно много и все они как будто вылетают из одного места на небе, называемого радиантом. Такое явление происходит при встрече Земли с метеорным потоком — роем метеорных тел, движущихся в межпланетном пространстве по параллельным путям. Конечно, нельзя заранее предсказать, где появится метеор. Однако если навести бинокль на область неба, в которой находится радиант, то можно заметить много метеоров данного метеорного потока. Ведя такие наблюдения, надо сосчитывать число появившихся метеоров за каждые полчаса. Сопоставляя полученные в течение нескольких вечеров (в одни и те же часы) результаты, можно установить день, когда число метеоров достигает максимума. Эти данные имеют большое значение ввиду того, что они позволяют представить, как метеорные тела, принадлежащие какому-нибудь потоку, распределены вдоль его орбиты.

Слабые, невидимые невооружённым глазом метеоры называют телескопическими метеорами (иногда коротко телеметеорами). Наблюдениям их за последнее время придают большое значение. При наблюдениях телескопических метеоров штатив для бинокля особенно полезен — он позволяет непрерывно следить за одной и той же областью неба. Необходимо при этом иметь подробную карту, которую можно скопировать из «Атласа северного звёздного неба» А. А. Михайлова. На такой карте следует отмечать место появления метеора и направление его движения (черта со стрелкой) и, кроме того, записывать момент появления и яркость. Удобнее всего это делать, нумеруя занесённые на карту метеоры и записывая в тетради для наблюдений под соответствующим номером данные о времени появления и яркости. Работа требует терпения, но следует помнить, что каждый наблюденный телеметеор даёт ценный материал для научных выводов

и что наблюдения телеметеоров в бинокль — пока единственный способ их изучения (яркие метеоры можно изучать и по фотографиям, телеметеоры же слишком слабы для фотографической регистрации).

После вспышки яркого метеора, в атмосфере некоторое время остаётся его «след» в виде туманной слабо светящейся полосы неправильной формы. Такой след метеора в бинокль виден, конечно, лучше и дольше, чем невооружённым глазом. Иногда следы бывают видимы в течение нескольких часов. Наблюдение замеченного в бинокль следа нужно продолжать до его полного исчезновения. При этом нужно заметить положение следа по отношению к звёздам и проследить за изменениями его вида. Следы метеоров представляют собой результат распыления части метеора; они особенно хорошо видны при лунном свете.

Кроме пылевых следов, от метеоров иногда остаются следы серебристого оттенка, светящиеся вследствие ионизации атмосферы в области движения метеора. Эти следы, если они окажутся в поле зрения бинокля, также следует зарисовать, как и пылевые. Изменения их вида дают материал для изучения высоких слоёв атмосферы.

Следует заметить, что для метеорной астрономии очень важны коллективные наблюдения, особенно выполненные из разных пунктов; такие наблюдения дают возможность вычислить высоту метеоров или их следов.

\* \*  
\*

Время от времени на небе появляются кометы. Когда они находятся далеко от Солнца и видны лишь в сильных инструменты, эти светила похожи на круглую туманность. С течением времени, приближаясь к Солнцу, они становятся всё ярче и ярче, у них появляется «хвост» — светлая полоса, направленная в сторону, противоположную Солнцу (рис. 73). Хвосты эти становятся наиболее яркими и длинными, когда кометы ближе всего подходят к Солнцу. Кометы обращаются вокруг Солнца по очень вытянутым эллиптическим орбитам, но далеко ещё не все они известны; иногда на небе совершенно неожиданно появляется новая комета.

В прежнее время, когда ни природа комет ни их движение не были достаточно изучены, кометы вызывали у людей суеверный страх и рассматривались как предвестники божьего гнева. Современная наука доказывает, что кометы представляют собой движущиеся в простран-



Рис. 73. Комета Галлея 29 мая 1910 г.

стве скопления небольших небесных тел, из которых под действием лучей Солнца выделяются: газы и пыль, образующие кометные хвосты. Основы теории комет заложены в трудах знаменитого русского астронома Ф. А. Брехина. В дальнейшем эта теория разрабатывалась главным образом советскими астрономами во главе с лауреатом Сталинской премии С. В. Орловым.

Бинокль по своей большой светосиле является особенно подходящим инструментом для наблюдения ярких комет. С его помощью можно проследить движение кометы относительно звёзд, отмечая положения кометы на звёздной карте, которую в этом случае надо скопировать из звёздного атласа. При этом на карте нужно указать направление хвоста кометы, а если он виден достаточно хорошо, то и зарисовать его во всех подробностях, которые заметны в бинокль.

Интересны и важны для науки систематические наблюдения хвоста кометы с момента его образования. Следует отмечать постепенное увеличение хвоста (по мере приближения кометы к Солнцу) и все изменения его вида. Эти изменения возникают вследствие происходящих время от времени взрывов в голове кометы, сопровождающихся выбросом облачных образований,двигающихся вдоль хвоста. Нетрудно оценить длину хвоста кометы, зная диаметр поля зрения бинокля. Если весь хвост кометы не помещается в поле зрения, то, установив бинокль так, чтобы голова кометы касалась края поля зрения, а хвост был направлен по диаметру, надо заметить то место хвоста, которое пересекается противоположным краем. Медленно смещая бинокль, переводим это место к тому краю, где была видна голова, и так последовательно измеряем длину хвоста в диаметрах поля зрения. Зарисовку деталей хвоста кометы следует начинать с воспроизведения на рисунке расположения звёзд, видимых вблизи кометы. С помощью известных угловых расстояний между этими звёздами можно будет оценить размеры изображаемых деталей. Лучше всего скопировать расположение звёзд из возможно более подробного атласа, добавив звёзды, не отмеченные в атласе, но видимые в бинокль. Рисунок хвоста и его деталей делается карандашом. На рисунке густотой штриховки передаются, в меру искусства наблюдателя, градации яркости в хвосте. Около рисунка обязательно должны быть запись о времени (местном декретном) начала и конца зарисовки, число, месяц, год, место наблюдения и фамилия наблюдателя.

Чем чаще делать наблюдения кометы, тем лучше, так как изменения в ней происходят всё время, и каждое наблюдение даёт ценный материал для обработки. В виде иллюстрации можно указать, что наблюдения кометы Тев-

задзе II, сделанные в бинокль, позволили проф. Д. Я. Мартынову сделать вывод о связи частых колебаний интегральной яркости этой кометы с пятнообразовательной деятельностью Солнца.

Весьма важны и нужны для дальнейшей научной разработки определения интегрального блеска комет. Определения блеска выполняют по тем же правилам, которые указывались раньше для переменных звёзд, сравнивая комету с близкими звёздами. При этом (как и в случае туманностей) надо несколько сдвигать окуляры с фокуса, так как невозможно сравнивать блестящую точку (звезду) с туманным диском кометы. При сдвиге же окуляра звёзды видны как расплывчатые кружочки, напоминая изображение кометы, благодаря чему сравнение осуществляется легко. Следует помнить, что наблюдения могут быть достаточно точны лишь при небольшом выдвигании окуляра.

Для определения интегрального блеска комет можно воспользоваться туманностями и звёздными скоплениями, блеск которых измерен достаточно точно. Кометы, особенно в то время, когда у них ещё не развился хвост, похожи на эти объекты, и определение блеска кометы можно в таком случае делать, не сводя окуляра с точной установки. У кометы надо различать (если она достаточно велика) самую яркую, звездоподобную часть — ядро, туманную оболочку, окружающую ядро, — голову, и хвост. Так как ядро очень мало и похоже на звезду, то его можно сравнивать непосредственно со звёздами (не сводя окуляра с резкой наводки). Всю голову кометы (включая и ядро) удобно сравнивать со звёздными скоплениями (шаровыми). Если комета имеет длинный хвост, то оценку его интегрального блеска целиком сделать нельзя: нужно определить блеск его отдельных частей (ближайшей к голове трети, середины, наиболее отдалённой трети). Сообщения о новых кометах обычно печатаются в газетах. Сведения о моментах появления и положении на небе периодических комет можно найти в астрономических календарях.

Новые кометы открывают в настоящее время главным образом по астрофотографиям, в то время, когда комета ещё очень слаба и в небольшие инструменты невидима. Однако бывают случаи, когда комету раньше замечает какой-нибудь любитель, наблюдающий в бинокль. Если в

поле зрения замечен туманный объект, напоминающий комету, то нужно, прежде всего, сравнить расположение звёзд в этом месте неба со звёздным атласом, чтобы убедиться, что наблюдаемый объект — не звёздное скопление или туманность. Удостоверившись в том, что на данном месте в звёздном атласе нет никакого небесного объекта, нужно точно заметить положение туманного светила и повторить наблюдение в ту же ночь (под утро) и на следующий день (с вечера). Если за это время объект передвинется на фоне звёзд, то достаточно уверенно можно считать, что обнаруженное светило — комета. В этом случае надо немедленно телеграфировать в Астросовет Академии наук СССР с указанием местоположения кометы (её экваториальных координат), времени наблюдения и блеска кометы, а также фамилии наблюдателя и его адреса.

\*       \*

\*

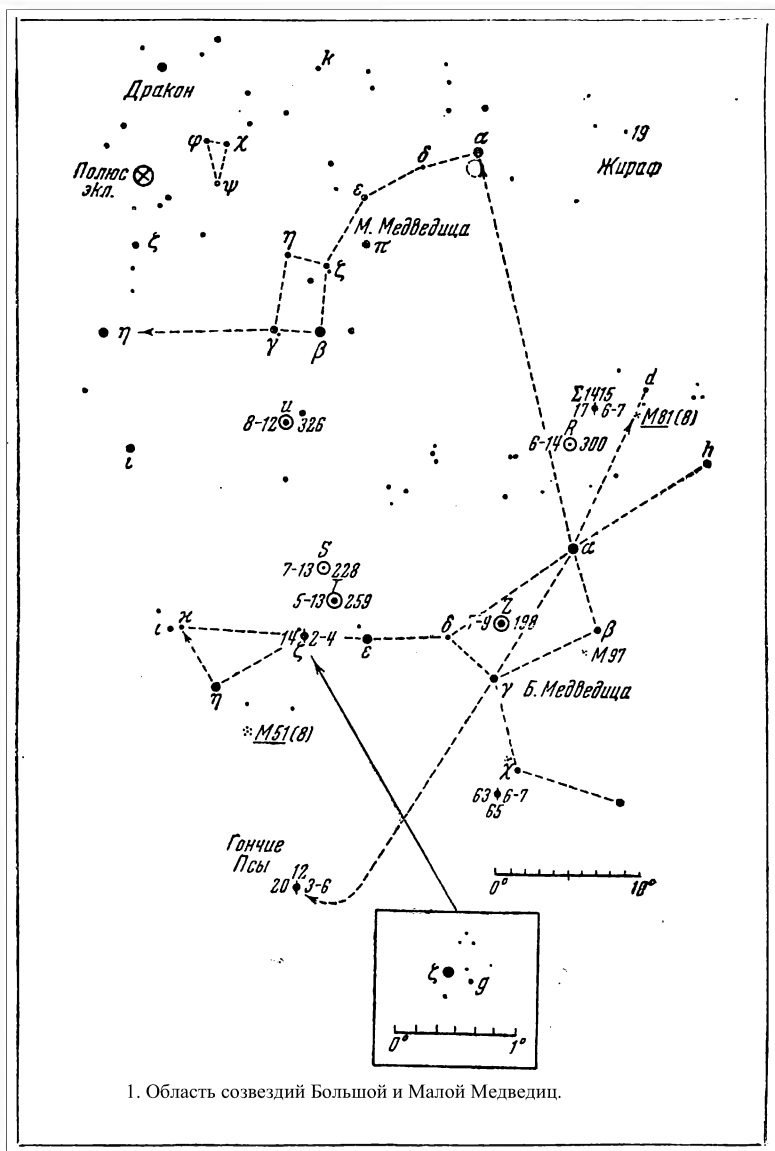
Описанные общие приёмы наблюдений с биноклем дают читателю (который, конечно, знаком в общих чертах с основами астрономии) возможность оживить свои сведения собственными наблюдениями всегда открытой перед нами небесной книги — звёздного неба, убедиться собственными глазами в наличии постоянных движений, изменений во Вселенной.

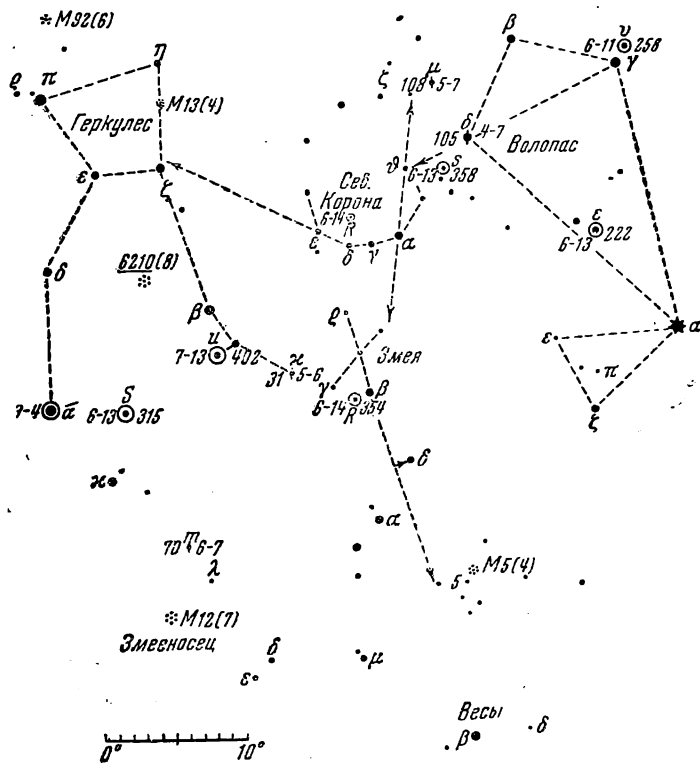


## ЛИТЕРАТУРА

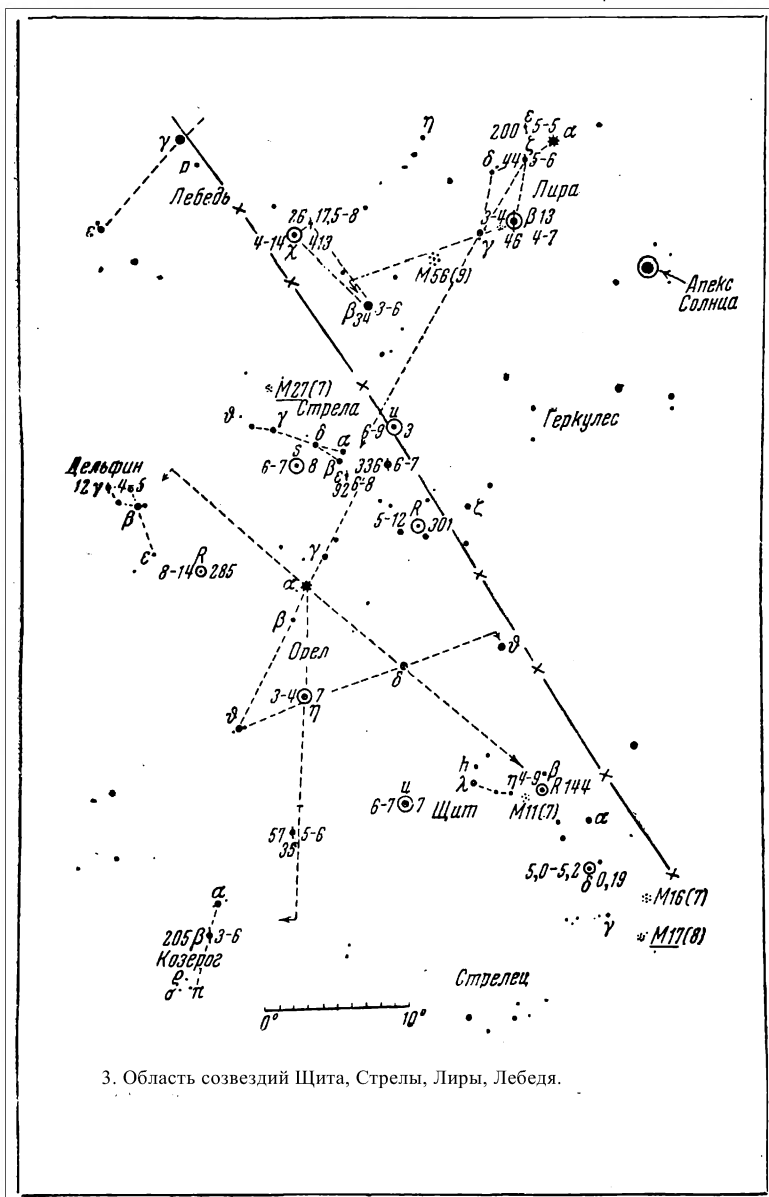
- Астапович И. С., Инструкция для наблюдения болидов  
Бюлл. ВАГО № 5, 1940.
- Воронцов-Вельяминов Б. А., Вселенная, Гостехиздат,  
1947.
- Дубровский К. К. Инструкция для наблюдения покрытий  
звёзд Луною, Бюлл. ВАГО № 5, 1940.
- Левин Б. Ю., Инструкция для наблюдений лунных затмений,  
Бюлл. ВАГО № 7, 1941.
- Михайлов А. А., Звёздный Атлас, 1920. Изд. МОЛА.
- Михайлов А. А., Атлас северного звёздного неба, М., 1920.
- Орлов С. В., Инструкция к наблюдениям комет, Бюлл. ВАГО  
№ 5, 1940.
- Паренаго П. П. и Кукаркин Б. В., Переменные звёзды  
и способы их наблюдения, Гостехиздат, 1948.
- Полак И. Ф., Общедоступная астрономия, Гостехиздат, 1944.
- Попов П. И., Общедоступная практическая астрономия, Гостех-  
издат, 1946.
- Цесевич В. П., Инструкция к визуальным наблюдениям ме-  
теорных следов, Бюлл. ВАГО № 5, 1940.
- Шаронов В. В., Солнце и его наблюдение, Гостехиздат, 1948.
- Штепан В. Е., Инструкция к наблюдениям телескопических  
метеоров, Бюлл. ВАГО № 5, 1940.
- Русский астрономический календарь. Постоянная часть, Горький,  
1930.
- Астрономический календарь ГАГО на текущей год.
- Общий каталог переменных звёзд, изд. АН СССР, 1948.

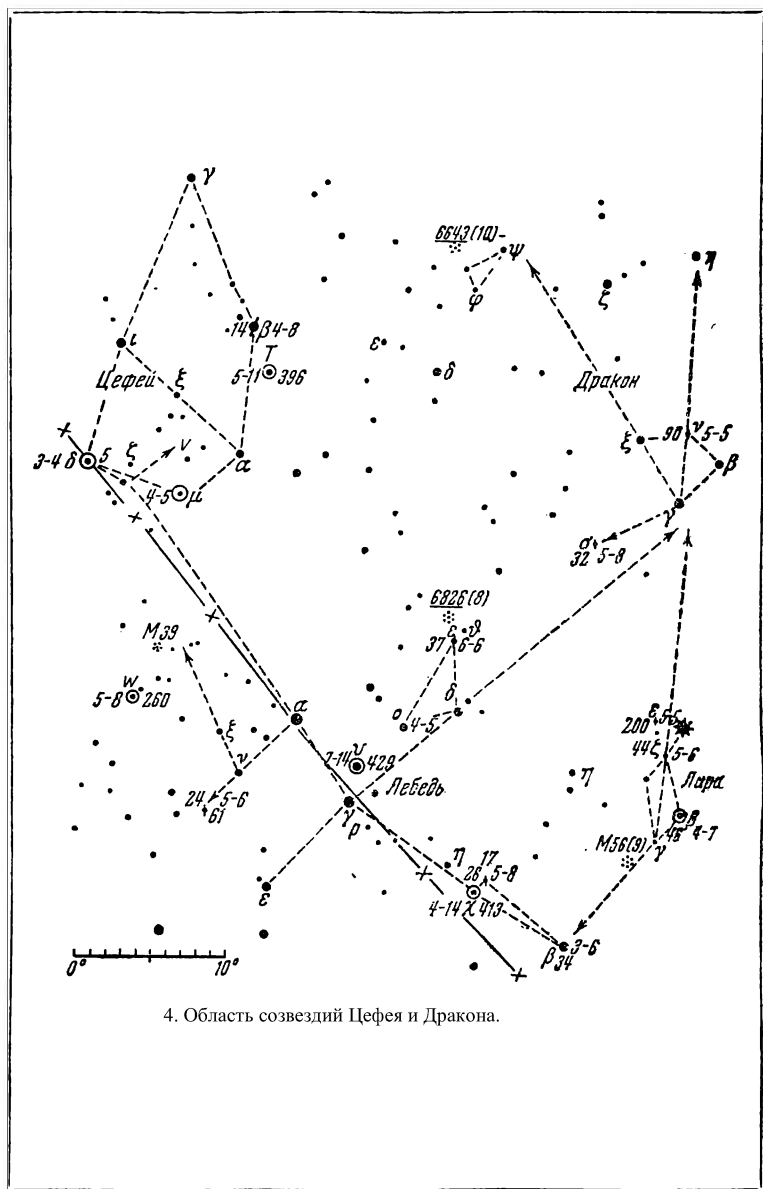
## ПРИЛОЖЕНИЯ

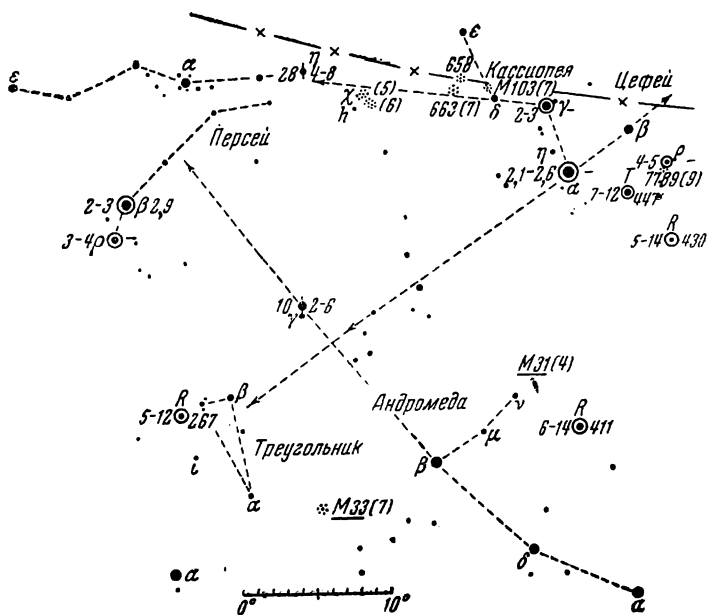




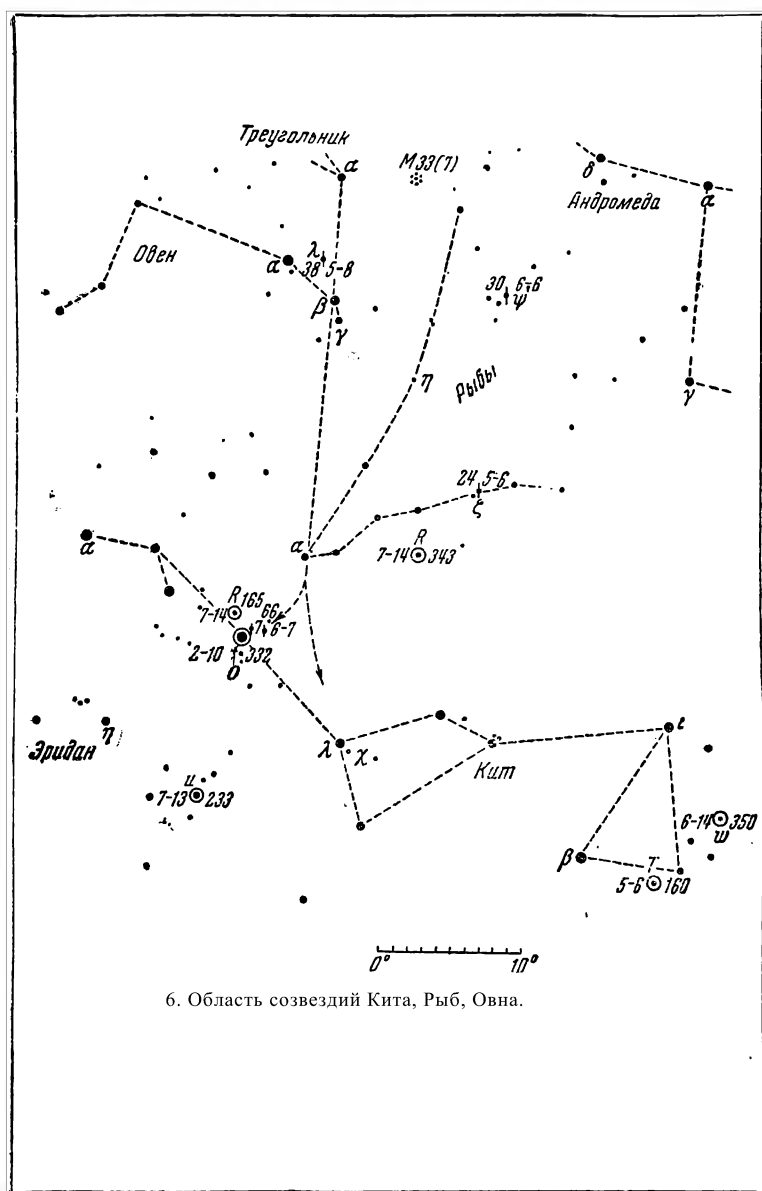
2. Область созвездий Змеи, Северной Короны, Волопаса и Геркулеса.





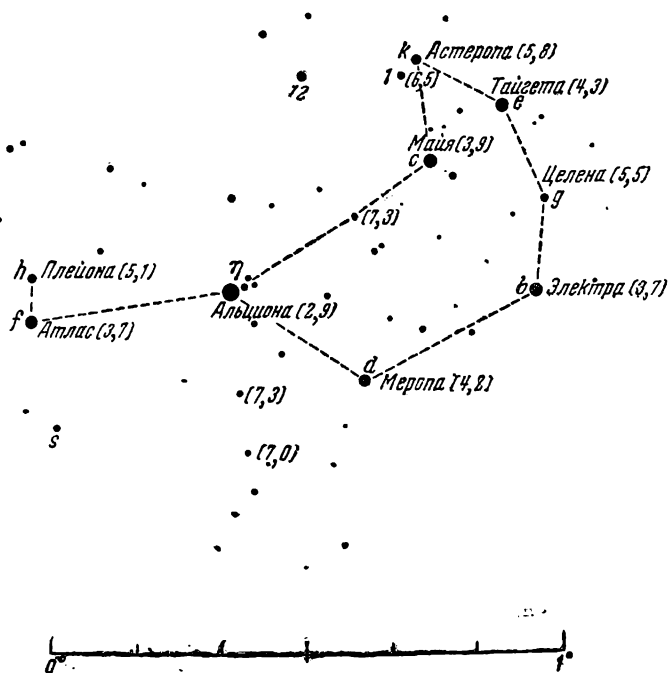


5. Область созвездий Треугольника, Андромеды, Кассиопеи.

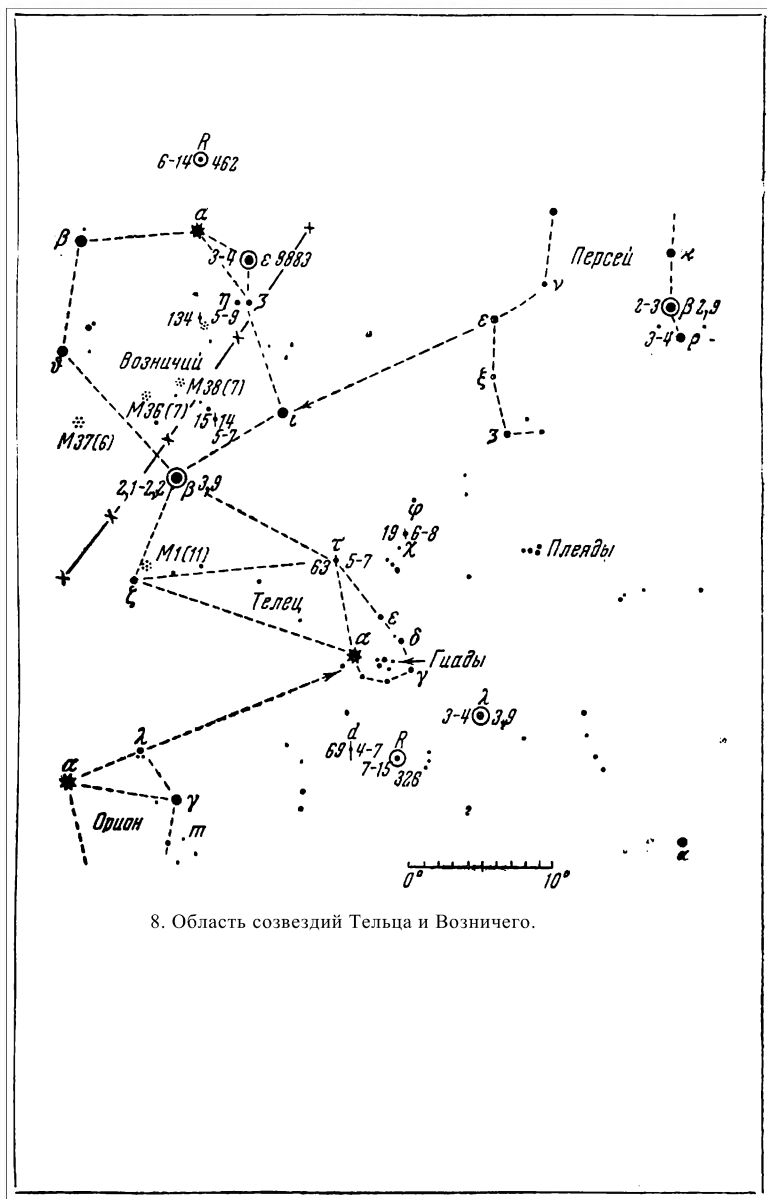


6. Область созвездий Кита, Рыб, Овна.

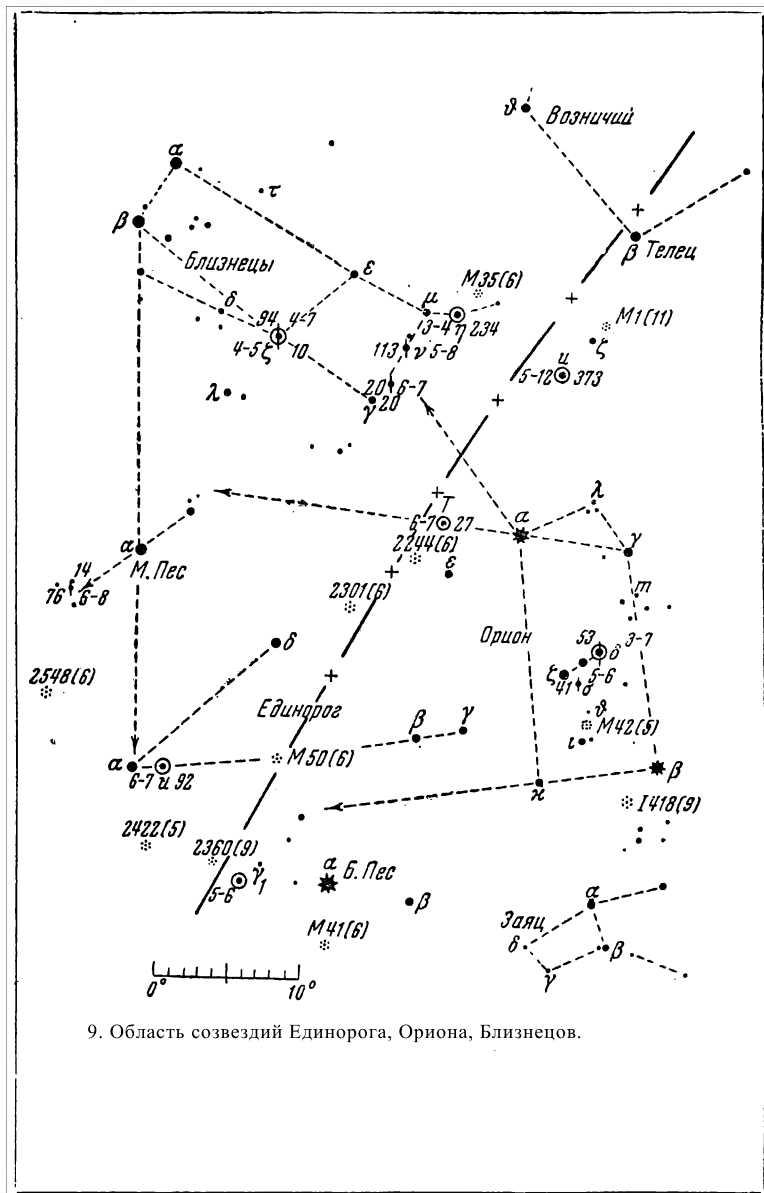


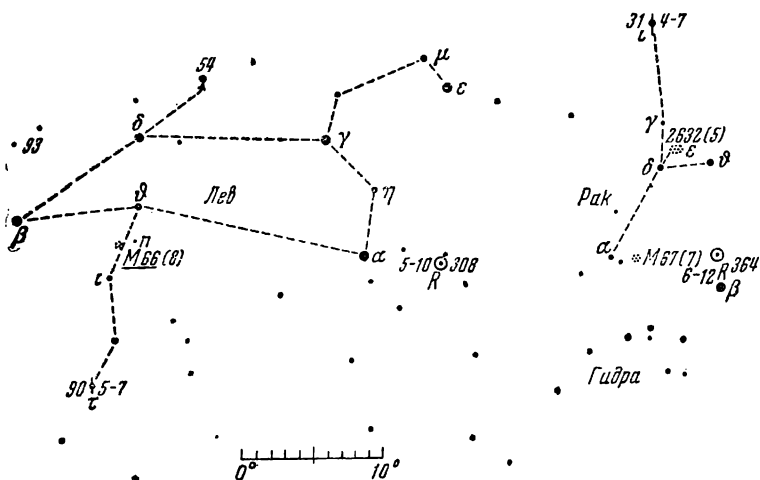


В скобках около обозначения звезды указан её блеск.

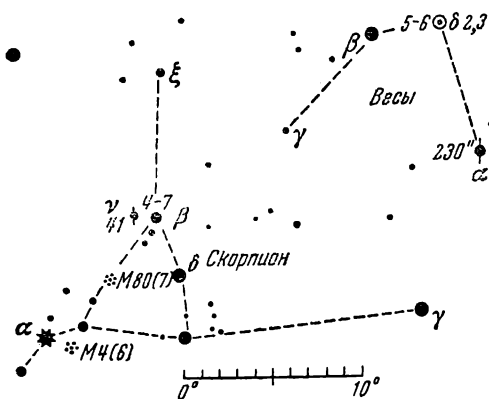


8. Область созвездий Тельца и Возничего.

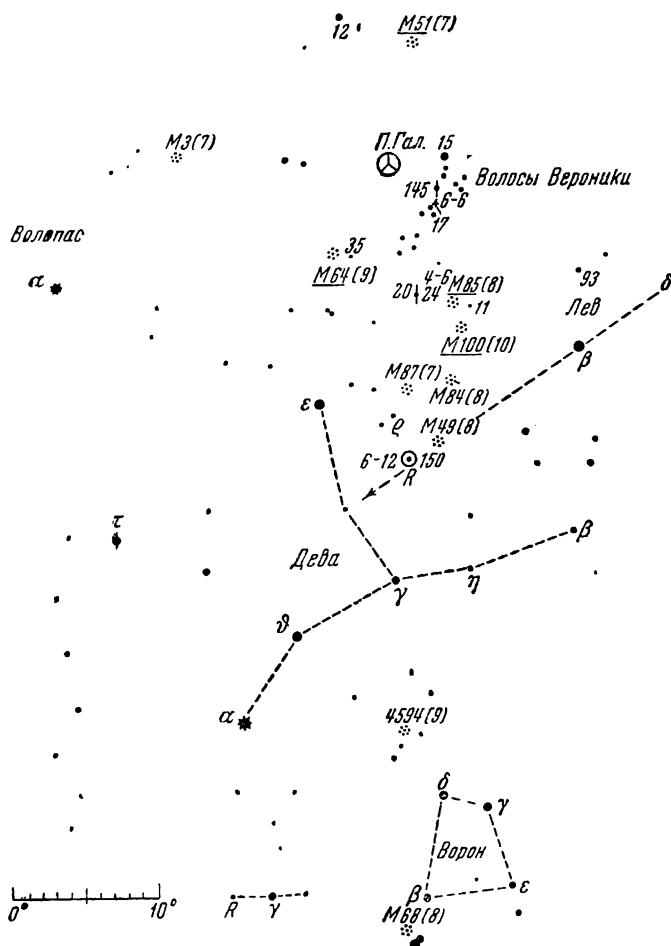




10. Область созвездий Льва и Рака.

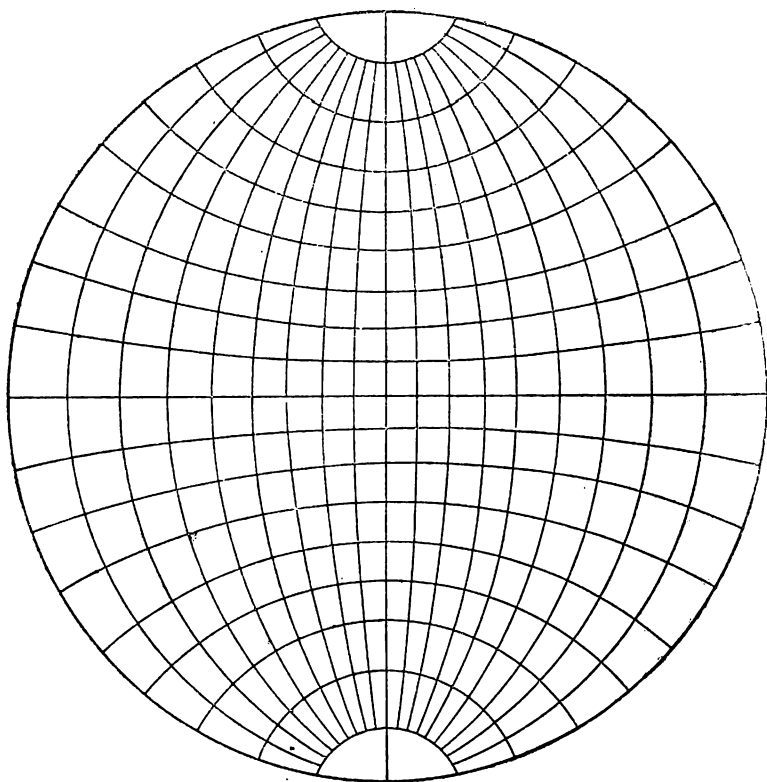


11. Область созвездий Скорпиона и Весов.



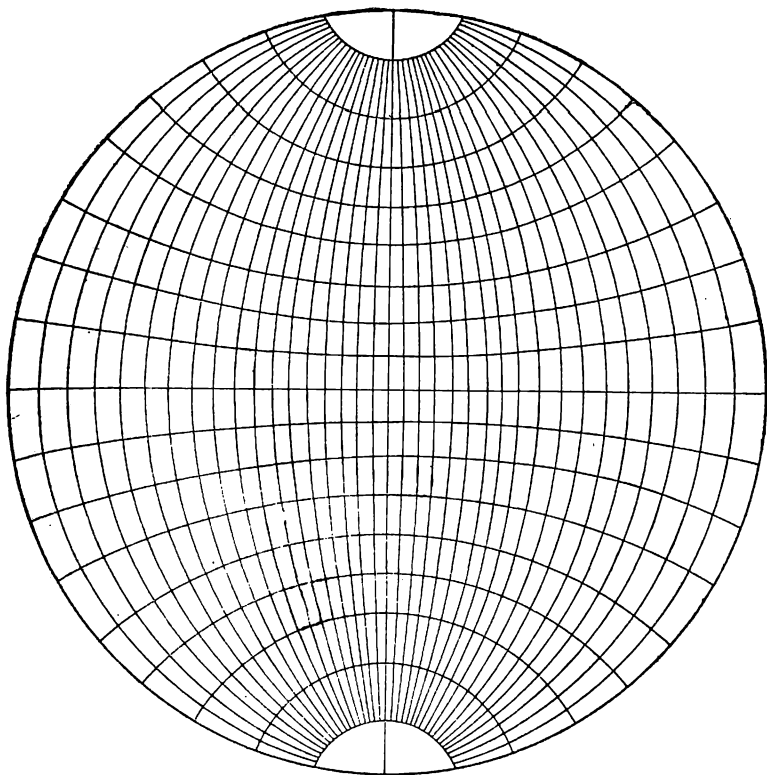


СТЕРЕОГРАФИЧЕСКИЕ СЕТКИ



1. Сетка горизонтальных координат. Деления азимутов и высот  
проведены через  $10^\circ$ .

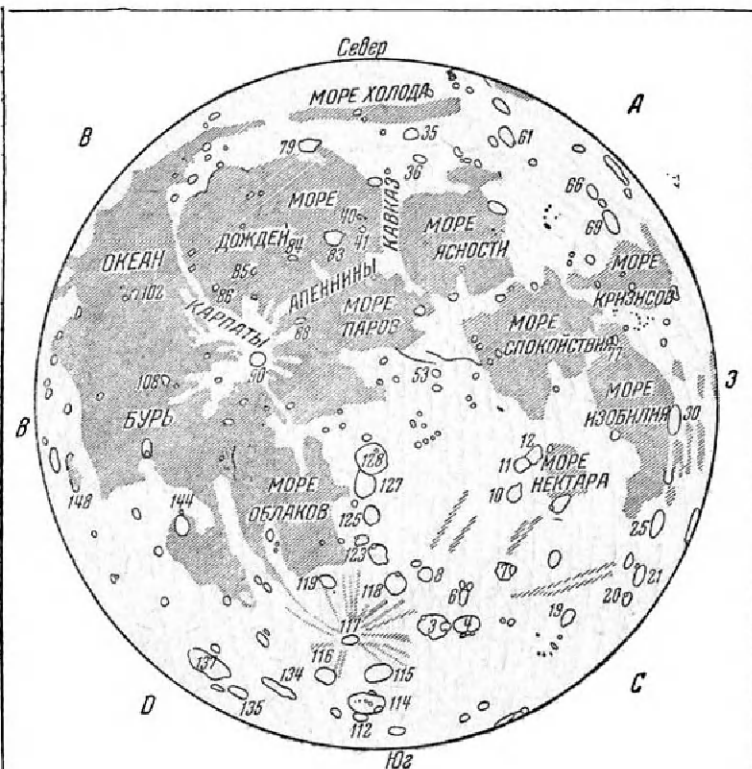
Эту страницу вырежьте из книги, сделайте полупрозрачной (парафином, воском или маслом) для наклеивания на другую сетку.



2. Сетка экваториальных координат. Деления склонений проведены через  $10^\circ$ , деления прямых восхождений — через 20 минут.



КАРТА ЛУНЫ



Главнейшие образования на лунной поверхности

<p><b>А</b></p> <p>35 — Аристотель</p> <p>36 — Евдокс</p> <p>40 — Аристилл</p> <p>41 — Автолик</p> <p>53 — Агриппа</p> <p>61 — Атлас</p> <p>66 — Геминус</p> <p>69 — Клеомед</p> <p>77 — Тарунций</p>	<p>88 — Эратосфен</p> <p>90 — Коперник</p> <p>102 — Аристарх</p> <p>108 — Кеплер</p>	<p>30 — Лангрениус</p> <p>112 — Бланкан</p> <p>114 — Клавийус</p> <p>115 — Магинус</p>
<p><b>В</b></p> <p>79 — Платон</p> <p>83 — Архимед</p> <p>84 — Тимохарис</p> <p>85 — Ламберт</p> <p>86 — Эйлер</p>	<p><b>С</b></p> <p>3 — Штеффлер</p> <p>4 — Мавролик</p> <p>6 — Фризиус</p> <p>7 — Цагуг</p> <p>8 — Алиаценс</p> <p>10 — Катарина</p> <p>11 — Кирилл</p> <p>12 — Теофил</p> <p>19 — Фабрициус</p> <p>20 — Фраунгофер</p> <p>21 — Фурнериус</p> <p>25 — Петавий</p>	<p><b>Д</b></p> <p>116 — Лангомонтан</p> <p>117 — Тихо</p> <p>118 — Вальтер</p> <p>119 — Питатус</p> <p>123 — Тебит</p> <p>125 — Арзахель</p> <p>127 — Альфонс</p> <p>128 — Птолемей</p> <p>134 — Шиллер</p> <p>135 — Фослид</p> <p>137 — Шикард</p> <p>144 — Гассенди</p> <p>148 — Гримальди</p>

## Приложение

### А. ЮЛИАНСКИЕ ДНИ

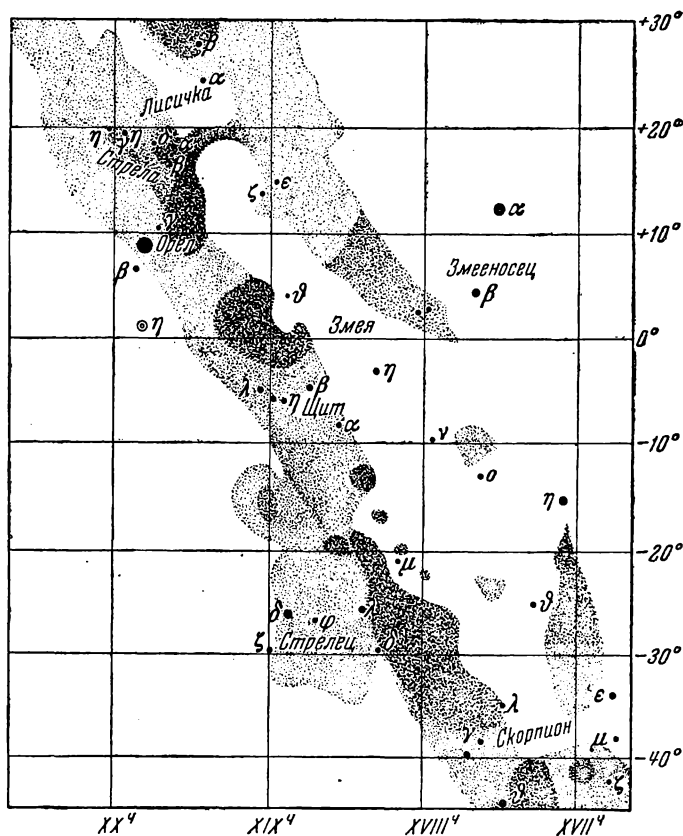
Число дней, протекших к полуночи начала года  
(по мировому времени)

1945	2	431 456,5	1951	2	433 647,5
1946	2	431 821,5	1952	2	434 012,5
1947	2	432 186,5	1953	2	434 378,5
1948	2	432 551,5	1954	2	434 743,5
1949	2	432 917,5	1955	2	435 108,5
1950	2	433 282,5			

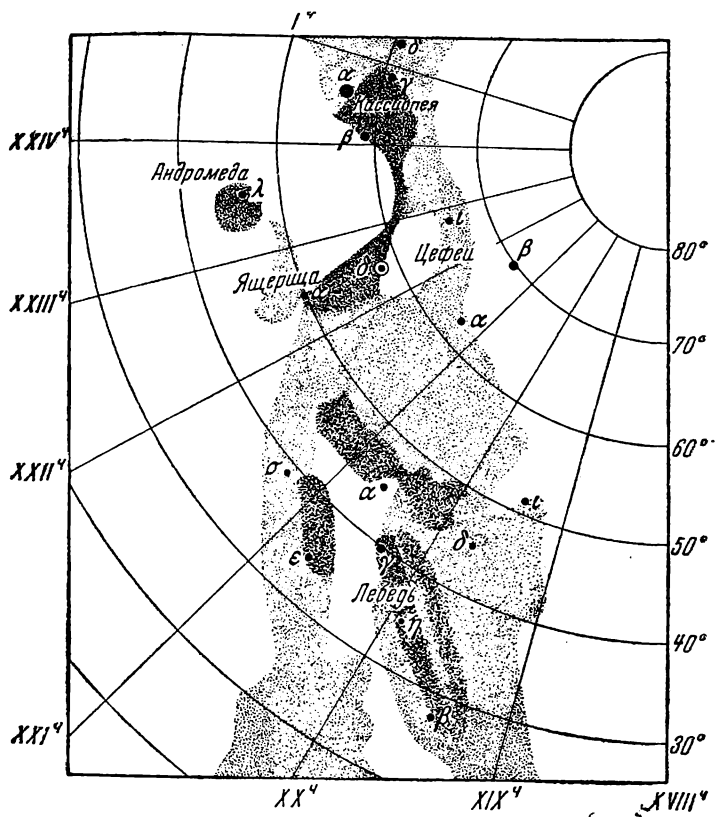
### Б. ЧИСЛО ДНЕЙ, ПРОТЕКШИХ ОТ НАЧАЛА ГОДА ДО НАЧАЛА КАЖДОГО МЕСЯЦА

	Простой	год	Високосный
Февраль .....	31		31
Март .....	59		60
Апрель ... ..	90		91
Май .....	120		121
Июнь .....	151		152
Июль .....	181		182
Август .....	212		213
Сентябрь .....	243		244
Октябрь .....	273		274
Ноябрь .....	304		305
Декабрь .....	334		335
Январь .....	365		366

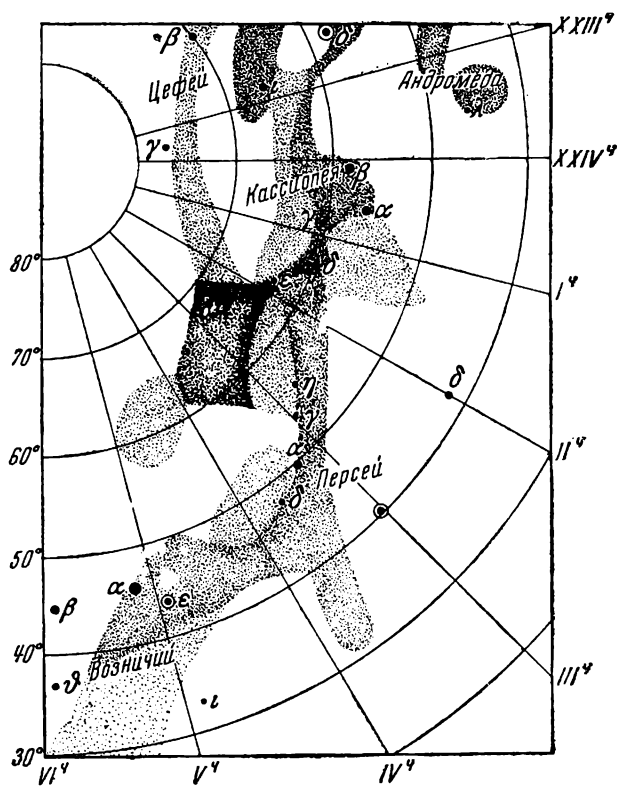
СХЕМАТИЧЕСКИЕ КАРТЫ МЛЕЧНОГО ПУТИ



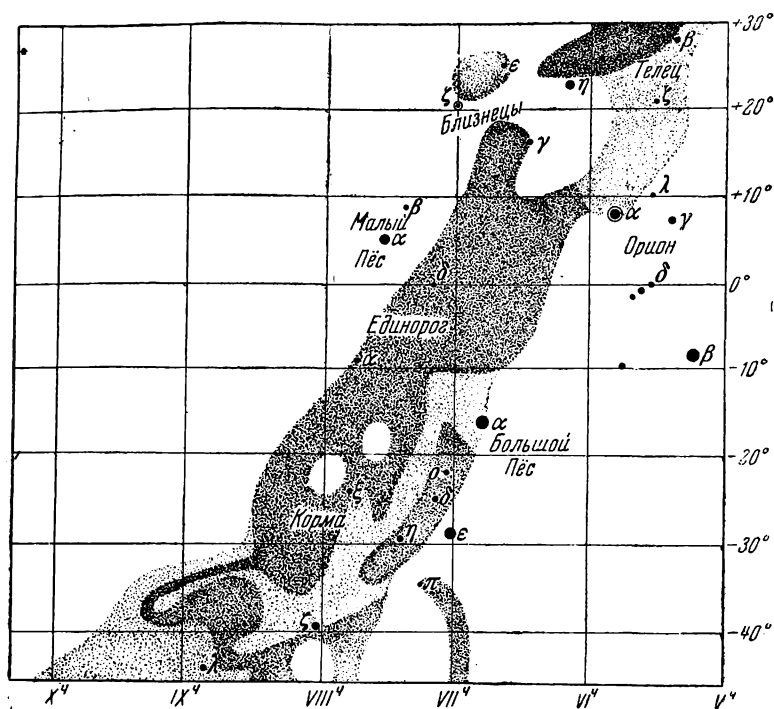
1. Млечный Путь в созвездиях Скорпиона, Стрельца, Щита, Орла, Лисички.



2. Млечный Путь в созвездиях Лебедя, Ящерицы, Цефея, Кассиопеи.



3. Млечный Путь в созвездиях Кассиопеи, Персея, Возничего.



4. Млечный Путь в созвездиях Тельца, Единорога, Кормы.

## ГРАФИЧЕСКИЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ КАЛЕНДАРЬ

На одном листе в графической форме даны сведения о наиболее важных для астрономов-любителей небесных явлениях.

Календарь состоит из полос, на каждой из которых изображено течение какого-либо небесного явления. Счёт времени на чертеже — справа налево, соответственно направлению видимого движения небесных светил. Время, за некоторыми исключениями, всемирное.

Полоса 1 даёт фазы Луны (отмеченные обычными значками). Рядом со значком проставлено число месяца, на которое приходится соответствующая фаза. Значки фаз расположены на волнистой кривой, изображающей изменение склонения. В этой же полосе отмечены затмения Солнца (в новолуния) и Луны (в полнолуния); вверху указан момент середины затмения в часах и минутах по времени III пояса. Для солнечных затмений под значком затмения проставлены широта и долгота того пункта на земном шаре, где наблюдается наибольшая фаза. Для лунных затмений внизу указана фаза. Даты затмений, видимых в СССР, подчеркнуты.

В полосе 2 римскими цифрами отмечены месяцы и указано число дней, протекших к 1-му числу каждого месяца. Эта шкала времени служит для всех полос календаря, за исключением 8-й и 9-й.

Кривая, изображённая в полосе 3, даёт среднее время в истинный полдень. Здесь же отмечены даты равноденствий и солнцестояний, моменты прохождения Земли через афелий и перигелий.

В полосе 4 приведены графики угла положения ( $P$ ) солнечной оси и гелиографической широты ( $B_0$ ) центра солнечного диска (отсчёт слева). Изображено также расположение оси и экватора Солнца и отмечена долгота центрального меридиана для 15-го числа каждого месяца. Над диском указан номер оборота Солнца в международной системе.

В полосе 5 даны кривые блеска некоторых долгопериодических переменных звёзд.

В полосе 6 отрезками прямой указаны даты начала и конца метеорных потоков; над чертой — прямое восхождение (в градусах), под чертой — склонение.

Полоса 7 представляет собою карту экваториальной области небесной сферы. Она расположена так, что достаточно от даты (в полосе 2) провести вниз прямую, чтобы найти звёзды, кульмини-

рующие в полночь, и отсчитать их прямое восхождение, т. е. звёздное время. Воспользовавшись изображением эклиптики, можно найти положение Солнца на небесной сфере.

Полоса 8 позволяет найти положения трёх планет (Венеры, Марса и Юпитера), двигающихся вдоль эклиптики. В полосах для каждой планеты проставлены римскими цифрами места планет (по прямому восхождению) на 1-е число каждого месяца. Достаточно провести вверх прямую от соответствующей римской цифры до пересечения с эклиптической, чтобы найти положение планеты. Области передвижений Сатурна, Урана и Нептуна отмечены на эклиптике.

Полоса 9 разделена на прямоугольники, в которых помещены сведения о видимости Меркурия и Венеры: слева — восточные элонгации, сверху—верхние соединения, внизу—нижние соединения, справа — западные элонгации. Дата наибольшего блеска Венеры отмечена лучами. В среднем прямоугольнике указано число юлианских дней, протекших к моменту начала года. Справа указаны даты соединений, противостояний и стояний планет, а также их видимые диаметры.



**ОГИЗ**  
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО**  
**ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**  
**«ГОСТЕХИЗДАТ»**

Москва, Орликов пер., 3.

**БИБЛИОТЕКА АСТРОНОМА-ЛЮБИТЕЛЯ**

**ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ:**

**П. П. Паренаго и Б. В. Кукаркин.** Переменные звёзды и способы  
их наблюдения.

**В. В. Шаронов.** Солнце и его наблюдение.

**М. Е. Набоков.** Астрономические наблюдения с биноклем.

**ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ:**

**П. Г. Куликовский.** Справочник астронома-любителя.

цена 3р.50 к.

М.Е. НАБОКОВ \* АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ С БИНОКЛЕМ