

Сторм Данлоп Азбука звездного неба. Часть 1



«Азбука звездного неба»: Мир; Москва; 1990

Аннотация

Книга известного английского популяризатора астрономии, члена Королевского астрономического общества Сторма Данлопа представляет собой увлекательный путеводитель по звездному небу. Автор подробно рассказывает о разнообразных небесных объектах, дает полезные практические советы по их наблюдению и изучению. Прекрасные фотографии, карты, таблицы, дополняя изложенное, способствуют его более глубокому пониманию.

Адресована любителям астрономии - от учащихся средних школ до специалистов, особенно полезна преподавателям астрономии, руководителям астрономических кружков, популяризаторам науки.

Предисловие редактора перевода

С древнейших времен небо привлекало внимание человека, открывая его взору удивительные и непонятные картины: мириады мерцающих звезд, блуждающие среди них планеты, дугу слабого жемчужного света, опоясывающую небо от горизонта до горизонта, «хвостатые звезды» — кометы, солнечные и лунные затмения. В те далекие дни представления человека о мире имели религиозный, мистический характер; он обожествлял небесные светила, считая, что по расположению звезд и планет можно предсказывать судьбы мира и даже отдельных людей — этим занималась астрология. Разумеется, современная астрономия не имеет ничего общего с такой точкой зрения. Ныне она приобрела большое практическое значение. И если в прошлом астрономия в основном служила решению проблем навигации и счета времени, то теперь неизмеримо возросла ее роль в познании законов природы. Сегодня в ее арсенале — мощные оптические и радиотелескопы, другие сложнейшие приборы.

Уже более трех десятилетий астрономия неразрывно связана с космической техникой. Это позволило вывести научные приборы за пределы земной атмосферы, что значительно

расширило возможности изучения космических объектов. Более того, человек отправил к другим планетам Солнечной системы автоматические аппараты, которые ведут исследования с близкого расстояния или даже совершают посадку на поверхность планет.

Казалось бы, что делать в такой ситуации астроному-любителю? Какую пользу он может принести со своими маломощными и весьма несовершенными средствами наблюдения? Тем не менее существует ряд направлений астрономической науки, в которые любители вносят заметный вклад. Прежде всего — это наблюдение метеоров, переменных звезд, зодиакального света, поиск комет, новых звезд и т.д. Однако далеко не все астрономы-любители стремятся вести научные наблюдения — многие получают истинное удовольствие просто от созерцания реальных небесных объектов. И это так же естественно, как желание увидеть красоты земной природы и творения рук человеческих собственными глазами, путешествуя по городам и странам, а не на фотографиях, пусть даже самого высокого качества. И как в любом путешествии, в экскурсии по звездному небу не обойтись без путеводителя.

Таким ярким, красочным и увлекательным путеводителем и может стать небольшая книга, которую мы предлагаем вниманию советского читателя. Ее автор Сторм Данлоп — известный английский популяризатор астрономии, член Королевского астрономического общества Великобритании. Его перу принадлежит немало популярных книг, которые переведены на многие языки народов мира. «Азбука звездного неба» — одна из последних работ Данлопа, в которой он «шаг за шагом» открывает перед читателем сокровища звездного неба.

Книга состоит из двух частей. В первой части, «Начала астрономии», автор дает обстоятельные и конкретные рекомендации относительно того, где, когда и как проводить астрономические наблюдения. В звездном небе не так-то просто ориентироваться, и новичку-астроному помогут в этом описанные автором приемы и прекрасные подробные карты звездного неба. Однако для ведения самостоятельных наблюдений недостаточно одного только знания звездного неба — необходимо ознакомиться с системами небесных координат, сложным движением планет, счетом времени и астрономическими инструментами. Обо всем этом подробно и доходчиво рассказано в книге. Значительное внимание уделено и таким важным для любителя вопросам, как зарисовки небесных объектов и их фотографирование.

Постигнув основы практической астрономии, астроном-любитель может переходить к изучению различных небесных объектов. Специальным методам проведения таких исследований посвящена вторая часть книги — «Изучение неба». Здесь особый интерес представляют разделы, касающиеся зодиакального света, метеоров, комет, искусственных спутников Земли и ее естественного спутника — Луны. Именно в наблюдении этих явлений, а также солнечных и лунных затмений астрономы-любители могут принести немалую пользу науке, и книга С. Данлопа, несомненно, поможет им в этом. Читатель найдет также много интересных сведений о звездах и рекомендаций по их наблюдению, причем особое внимание уделено методам наблюдения переменных звезд — вопросу, в котором автор является крупным специалистом.

К числу бесспорных и существенных достоинств книги относится ее иллюстративный материал; разнообразные схемы, таблицы, звездные карты, фотографии астрономических инструментов и небесных объектов делают повествование наглядным и понятным непрофессионалам, которым в первую очередь и адресована книга. Библиография, приведенная автором, включает только англоязычные источники, поэтому мы сочли целесообразным дополнить ее списком литературы, доступной советскому читателю. Автор дает также перечень астрономических организаций многих стран мира. В Советском Союзе астрономы-любители и профессиональные ученые объединены во Всесоюзное астрономо-геодезическое общество при АН СССР, отделения которого есть во многих городах.

Мы надеемся, что книга Сторма Данлопа будет с интересом встречена советскими любителями-астрономами, они найдут в ней много полезных и ценных советов. И хотя эту

книгу нельзя отнести ни к учебникам, ни к пособиям, можно не сомневаться, что она станет ценным руководством для преподавателей астрономии, руководителей астрономических кружков и популяризаторов науки.

А. Козенко.

От автора

С самого начала эта книга замышлялась как «практическое пособие», ибо она не только учит читателя ориентироваться в звездном небе, но и дает достаточную информацию, помогающую новичку проводить наблюдения, пусть самые простые, для собственного удовольствия. Это, несомненно, лучшее введение в интереснейшее «хобби» (и науку) — астрономию. Есть немало великолепных книг с прекрасными иллюстрациями, в которых подробно описаны планеты Солнечной системы, звезды и туманности нашей Галактики, а также Вселенная в целом, но нет таких, где было бы выражено то чувство красоты и ясности, которое испытываем мы, когда урываем час-другой в нашей суетной жизни для изучения звезд.

Астрономия захватывает и увлекает не столько фантастическими изображениями далеких планет, переданными космическими аппаратами, сколько собственными наблюдениями в ясную ночь вида Сатурна или далеких звездных скоплений. Проведение наблюдений может потребовать определенного искусства, например, при зарисовках планет, но несомненно и чувство удовлетворения, возникающее при проведении тонких наблюдений. Случается и неожиданное — никогда не забуду глубокое волнение, охватившее меня, когда я впервые увидел карликовую новую, SS Лебедя (короткопериодические двойные системы, которые прежде казались слабыми, непримечательными звездами), ярко светящейся, в максимуме ее блеска.

Хотя из-за ограниченного объема книги пришлось опустить или сократить большое количество материала, цель ее, по-видимому, достигнута — об этом можно судить по отзывам, полученным мной из многих стран. Занятие астрономией всегда радовало меня еще и тем, что помогало приобретать друзей в разных уголках мира.

Перевод книги на русский язык позволил мне исправить некоторые небольшие ошибки, допущенные в первоначальном английском варианте. Мне хотелось бы поблагодарить А. В. Козенко за работу по подготовке издания моей книги на русском языке. Надеюсь, что она поможет многим советским читателям познать красоты ночного неба.

Чичестер, Англия

Сторм Данлоп

Май 1988 г.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. НАЧАЛА АСТРОНОМИИ

С чего начать

Астрономические наблюдения — увлекательное занятие, которое доступно каждому человеку. Чтобы приступить к наблюдениям и даже обрести в этом определенный опыт, необязательно иметь то, что называют математическим складом ума. Занятие астрономией не просто одно из немногих увлечений, доставляющих огромное удовольствие, — при желании вы можете без особого труда проводить наблюдения, представляющие немалую научную ценность.

Как это ни удивительно, но при наблюдениях вам, возможно, не потребуется сложного оборудования, а в ряде случаев вообще удастся обойтись без него. И, если вы начинающий любитель, не стремитесь истратить все свои деньги на покупку самого дорогого телескопа. Это будет серьезной ошибкой, так как он скорее всего окажется ненужным для наблюдений

тех объектов, которые в дальнейшем наиболее заинтересуют вас. Если и следует что-то купить, то для начала достаточно бинокля, хотя и он не столь необходим, поскольку некоторые небесные тела можно наблюдать невооруженным глазом. Списки объектов, которые можно наблюдать в бинокль и фотографировать, приведены на с. 63 и 114. Советы по выбору и испытанию биноклей и телескопов вы найдете соответственно на с. 64 и 68.

Как пользоваться книгой

Небо открывает богатые возможности для наблюдений. Прежде всего это явления, происходящие в земной атмосфере: метеоры и полярные сияния. Наряду с планетами и звездами наблюдениям доступны и далекие галактики. Большое удовольствие доставляют простые «прогулки» по звездному небу, когда в поле вашего зрения попадают небесные тела, доступные для наблюдений в тот или иной конкретный период времени, или просто объекты, особенно поразившие ваше воображение. В нашей книге даны общие рекомендации относительно того, как научиться ориентироваться среди звезд, как отыскивать созвездия и организовывать наблюдения.

Рис. 1. Участок звездного неба с созвездиями Южный Крест и Киль; видны туманность Угольный Мешок, одно из самых примечательных темных облаков, протянувшихся вдоль Млечного Пути, и светлая газовая туманность Киля.

В конце концов вы обнаружите, что какие-то классы объектов представляют для вас наибольший интерес, и захотите изучить их гораздо глубже. Тогда-то вам и потребуются различные приборы и методы наблюдений. С ними вы можете познакомиться во второй части книги.

Большое разнообразие объектов и методов их исследования, а также широкие возможности приборов, предназначенных для наблюдения, могут вызвать растерянность, особенно у новичков. Поэтому в книге содержится множество диаграмм и таблиц, которые помогут вам отыскать раздел, где обсуждается интересующий вас вопрос, и перейти к более глубокому изучению астрономии. Приведенная ниже диаграмма облегчит вам поиск разделов книги, где дано описание тех или иных способов наблюдения.

Приступаем к наблюдениям

Прежде чем приступать к наблюдениям, убедитесь, что вам тепло, сухо и вы удобно устроились. Даже летней ночью бывает довольно свежо, так что одевайтесь как можно теплее. Сырость, особенно под ногами, создает немалый дискомфорт, поэтому для наблюдений лучше выбрать сухое место, а не влажную траву. Поскольку камень и бетон быстро остывают, под ноги следует положить деревянный настил. Ветер мешает наблюдениям, вызывая дрожание биноклей и телескопов. Чтобы предотвратить это, попытайтесь сделать брезентовое укрытие, которое не только защитит от ветра инструменты, но и сохранит тепло. Здесь подойдет и простой щит. О влиянии сырости на инструменты подробнее говорится на с. 22. У наблюдателей, расположившихся в тепле, возникают свои проблемы: им мы посоветуем запастись кремом или жидкостью против комаров.



Рис. 2. Одна из лучших фотографий Сатурна; именно так выглядит эта планета при визуальных наблюдениях в хороший любительский телескоп.

Во время наблюдений окулярная часть многих телескопов может оказаться в неудобном положении или слишком высоко, так что следует подготовить нечто вроде стремянки. Она должна быть крепкой, устойчивой и достаточно легкой, чтобы ее нетрудно было передвигать. Вместо стремянки можно воспользоваться прочным деревянным ящиком. Призмный окуляр (см. с. 85) сделает ваши наблюдения более удобными. Чтобы не запрокидывать голову при наблюдениях небесных тел, находящихся высоко над «головой», рекомендуем обзавестись откидным садовым креслом.

При наблюдениях необходимо иметь все под рукой. На некоторых штативах для телескопов предусмотрено место для маленького столика, но все же для размещения необходимых принадлежностей лучше использовать небольшой садовый стол.

Зрение

Глазной зрачок почти мгновенно реагирует на значительные изменения освещенности, но настоящая адаптация к темноте происходит, когда в сетчатке глаз вырабатывается особый глазной пигмент. Адаптация продолжается более 30 мин, в течение которых чувствительность глаза заметно повышается. Поэтому перед наблюдениями рекомендуется защитить глаза от яркого света — некоторые наблюдатели с этой целью надевают темные солнцезащитные очки. Поскольку слабый красный свет почти не влияет на адаптацию глаз к темноте, то рассматривать звездные карты или делать записи во время наблюдений рекомендуем при красном освещении. Для этого прикройте лампу или карманный фонарь красной бумагой или материей и убедитесь, что свет очень слабый. Наблюдения в бинокль обладают определенным преимуществом, так как оба глаза при этом работают одновременно в одинаковых условиях, что существенно уменьшает их утомляемость. При наблюдениях в телескоп попытайтесь побороть естественное желание зажмурить «ненужный» глаз, ибо это приводит к напряжению и усталости обоих. Со временем вы научитесь не обращать внимание на второй открытый глаз, но если это окажется трудным (или в случае постороннего мешающего света), то на него следует надеть повязку, которая позволит вам при наблюдениях держать оба глаза открытыми.

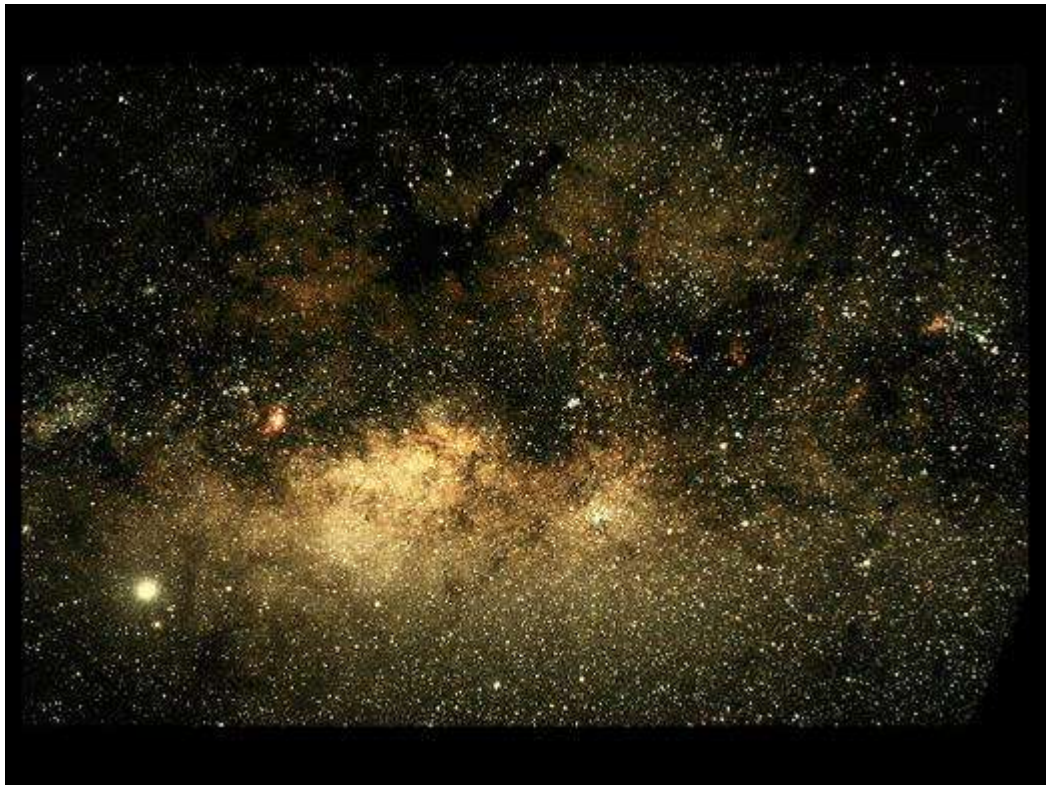


Рис. 3. Скопление звезд Млечного Пути в созвездии Стрелец; такая незабываемая картина открывается перед нами при наблюдениях в небольшой бинокль.

К числу самых неприятных дефектов зрения относится астигматизм (см. с. 73), из-за него изображения звезд выглядят вытянутыми или бесформенными. Такие дефекты, как дальнозоркость или близорукость, не создают проблем при наблюдениях в бинокли или телескопы, так как эти приборы позволяют фокусировать изображение по своему зрению. Если вы вынуждены все время носить очки, то будьте особенно внимательны при выборе инструментов (с. 64 и 81).

Большинству начинающих наблюдателей вначале кажется, что с их зрением что-то неладно, поскольку им не удастся различить слабые детали на поверхности планет или менее яркие звезды. Однако по мере приобретения опыта восприятие быстро улучшается, поэтому, чем чаще вы будете проводить наблюдения, тем лучше. Опытные наблюдатели часто используют боковое зрение, смотря слегка в сторону от исследуемого слабого объекта, при этом изображение попадает на более чувствительную часть сетчатки глаза. Установить точное местоположение этого небольшого чувствительного участка сетчатки не так-то просто. Хотя телескопы и бинокли должны по возможности иметь жесткое крепление, очень слабое смещение окулярной части иногда помогает обнаружить в поле зрения слабые звезды, ибо глаз лучше различает движущиеся объекты.

Где проводить наблюдения

Посторонний свет мешает должной адаптации глаз к темноте, что существенно ухудшает условия видимости слабых объектов. Поэтому наблюдения следует проводить в темных местах. При работе с телескопом вы ограничены в выборе места, тогда как при наблюдениях невооруженным глазом и в бинокль его можно менять, выбирая наиболее удобное. Иногда достаточно укрыться за стеной здания, создающей тень. В городах и поселках наблюдениям мешает не только лишняя освещенность, но нередко и ограниченность доступной обзору части неба. Конечно, с небольшим телескопом нетрудно выехать за город; однако при должной настойчивости разнообразные наблюдения удается

проводить и в неблагоприятных условиях города, частности, это относится к изучению созвездий, поскольку даже при значительной побочной освещенности ярчайшие звезды созвездий вполне различимы.

Время наблюдений

Астрономы ведут наблюдения не только ночью. Наряду с изучением Солнца в ряде случаев важно проводить дневные наблюдения Венеры, всегда контраст между ее яркостью и яркостью неба меньше, что облегчает выделение слабых деталей на поверхности планеты. При некоторых астрономических исследованиях, например при поиске комет или новых звезд, наблюдения целесообразно проводить непосредственно после захода или перед восходом Солнца.



Рис. 4. Искривление луча света, вызванное рефракцией в атмосфере, как бы приподнимает все астрономические объекты над горизонтом. Солнце и Луна кажутся сплюснутыми у горизонта также вследствие рефракции.

Моменты восхода и захода Солнца зависят от местоположения наблюдателя, и их точное определение представляет довольно сложную задачу. Следует отметить, что из-за рефракции создается впечатление, что Солнце появляется над горизонтом, хотя в действительности оно находится ниже горизонта примерно на $35'$ (что сравнимо с угловым диаметром Солнца). В газетах и календарях обычно время захода и продолжительность вечерних сумерек указывается по концу гражданских сумерек, который соответствует времени опускания Солнца за горизонт на 6° . Аналогично определяется время восхода и продолжительность утренних сумерек. Сведения о гражданских сумерках, хотя и полезны, нужны только небольшому числу наблюдателей. Для астрономов важнее знать продолжительность астрономических сумерек. Вечерние астрономические сумерки оканчиваются с наступлением полной темноты, когда на небе появляются очень слабые звезды, а утренние астрономические сумерки начинаются с первыми признаками рассвета, когда Солнце находится на 18° ниже горизонта. Продолжительность сумерек превышает 70 мин и зависит от географической широты места наблюдения. На широтах севернее $48,5^\circ$ с. ш. и южнее $48,5^\circ$ ю. ш. астрономические сумерки в летние месяцы продолжаются всю ночь. Подробную информацию о продолжительности астрономических сумерек на интересующей вас широте в любой день года вы можете найти в астрономическом календаре. Несмотря на большую продолжительность сумерек, наблюдатели в высоких широтах имеют ряд преимуществ, так как летом они могут видеть серебристые облака (с. 128), а зимой — полярные сияния (с. 126). Наблюдатели вблизи экватора сталкиваются с трудностями при исследовании объектов, расположенных на небе недалеко от Солнца, так как те быстро заходят вместе с ним.



Рис. 5. Закат Солнца. Лишь спустя более часа после захода Солнца небо становится совершенно тёмным, и тогда можно увидеть самые слабые астрономические объекты.

Значительную помеху при многих видах наблюдений представляет свет Луны. Рассеяние его атмосферой увеличивает яркость окружающего неба, что снижает контраст между ним и слабым светом объектов, подобным галактикам. Например, некоторые метеорные потоки практически ненаблюдаемы в те годы, когда они приходятся на время полнолуния. Поэтому астрономы-любители, не особенно интересующиеся исследованиями Луны, могут провести ряд ценных наблюдений во время полных лунных затмений.

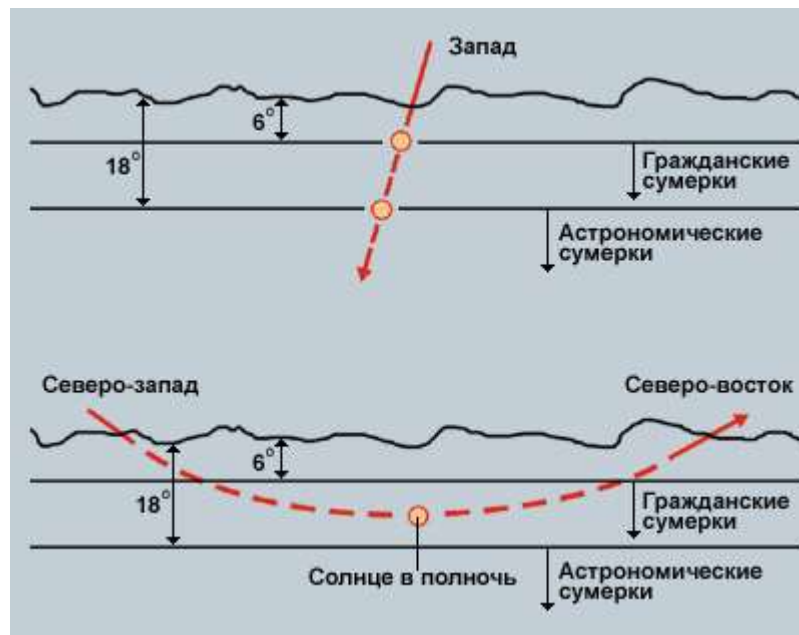


Рис. 6. В районе экватора (вверху) Солнце садится почти перпендикулярно горизонту и астрономические сумерки наступают каждую ночь. Вблизи полюсов (внизу: Северное полушарие) в летние месяцы астрономические сумерки не наступают.



Рис. 7. Луна в возрасте 8 суток. Свет Луны может оказаться серьёзной помехой при наблюдении слабых небесных объектов; эти объекты лучше всего наблюдать на протяжении нескольких дней до и после новолуния.

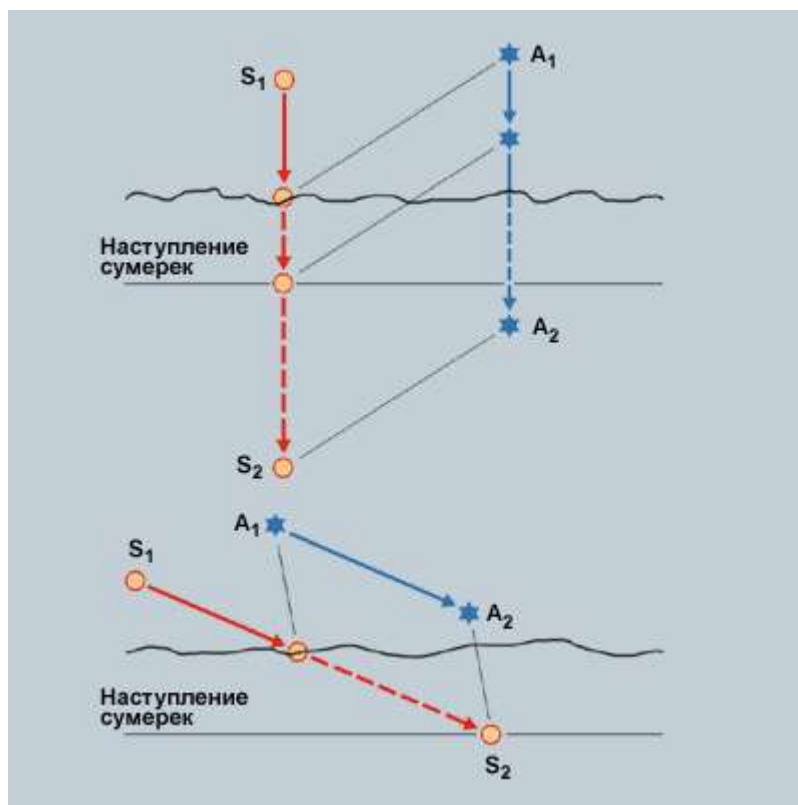


Рис. 8. На экваторе (вверху) объект А, расположенный на небе близко к Солнцу, к моменту наступления астрономических сумерек виден значительно ниже горизонта. В высоких северных широтах (внизу) тот же объект можно наблюдать в течение длительного времени после захода Солнца.

Наблюдения внешних планет (планет, находящихся за орбитой Земли), а также малых планет, или астероидов, лучше проводить, когда они находятся вблизи противостояния (с. 61) и в кульминации (с. 24) около полуночи. Во время противостояний планеты расположены ближе всего к Земле, поэтому их видимые размеры максимальны. Внутренние планеты, Меркурий и Венера, лучше наблюдать в период элонгации (с. 62), когда видна половина их освещенной стороны. Конечно, наблюдения проводятся и в другое время, а при исследованиях некоторых небесных тел, в частности комет, вообще исключается возможность выбора лучшего периода наблюдений. Наиболее благоприятные условия для наблюдений звезд, звездных скоплений, туманностей и галактик приходятся на периоды, близкие их верхней кульминации в полночь, когда они находятся выше всего над горизонтом.

Атмосфера и условия наблюдений

Из-за атмосферных условий не все ночи благоприятны для проведения наблюдений. Эти условия определяются в основном метеорологическими факторами и состоянием верхних слоев атмосферы, а также причинами местного характера: особенностями обсерватории, телескопа и самим наблюдателем. Шкала, характеризующая условия наблюдений, была построена известным наблюдателем планет Антониади. При сильной турбулентности в атмосфере возникают случайные неоднородности плотности, которые преломляют световые лучи, вызывая мерцания (сцинтилляции) звезд. При наблюдениях это проявляется в изменении яркости и дрожании изображений звезд, а изображения планет кажутся размытыми. У звезд, находящихся низко над горизонтом, когда в результате рефракции их свет наиболее заметно разлагается в спектр, сильно изменяется цвет. По-

видимому, эти явления служат одной из причин многочисленных сообщений о наблюдениях так называемых неопознанных летающих объектов (НЛО). Случайные неоднородности в атмосфере заметнее проявляются при наблюдениях в телескоп: изображение звезд не стоит неподвижно, а случайным образом блуждает вокруг, перед фокусом и за ним. В таких случаях следует проявлять терпение, дожидаясь более благоприятных условий; если вам повезет, это может случиться несколько раз за ночь. Такие неблагоприятные условия часто возникают в холодные ночи, хотя воздух около поверхности Земли кажется спокойным. При очень плохих условиях фотографировать и проводить серьезные наблюдения неразумно.

Шкала видимости по Антониади

I - Идеальная видимость, без дрожания; изображение все время исключительно резкое.

II - Изображение резкое и неподвижное; наблюдается легкое волнение; временами на несколько секунд наступает полная неподвижность.

III - Средняя видимость; заметно дрожание воздуха, изображение почти неподвижно, слегка струится.

IV - Плохие условия видимости; изображение колеблется, заметно непрерывное мешающее наблюдению движение воздуха.

V - Очень плохие условия видимости; изображение сильно дрожит и струится, временами совсем расплываясь; затруднены даже простые зарисовки.

Аналогичным образом влияют на изображения звезд потоки воздуха, возникающие внутри рефлекторов некоторых типов, и турбулентные движения воздуха внутри обсерватории. Для устранения этих помех оборудование (особенно телескоп) следует охладить перед началом наблюдений до температуры окружающего воздуха.

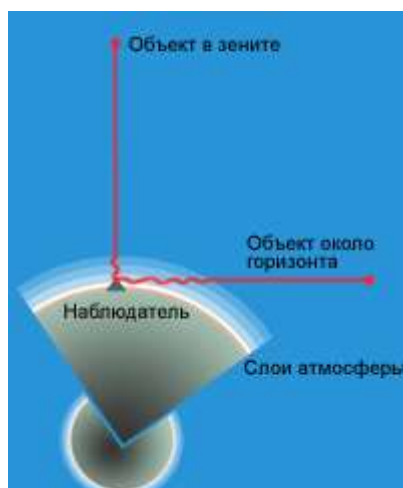


Рис. 9. Объекты, расположенные низко над горизонтом, мерцают сильнее, чем те, которые находятся около зенита, поскольку их свет проходит более длинный путь через плотные, неустойчивые приземные слои атмосферы.

К уменьшению яркости небесных тел приводит поглощение света в атмосфере, которое иногда называют атмосферной экстинкцией. Оно максимально вблизи горизонта и уменьшается в направлении к зениту. Загрязнение атмосферы и пыль, особенно в окрестностях больших промышленных городов, еще сильнее ухудшают видимость. Поглощение часто осложняет наблюдения невооруженным глазом, наиболее сказываясь при оценке блеска переменных звезд и метеоров, находящихся низко над горизонтом. При таких

условиях следует быть особенно внимательным. Не рекомендуется проводить наблюдения даже ярких звезд и планет, когда они находятся на высотах ниже 10° над горизонтом.



Рис. 10. При хороших условиях видимости (верхнее фото) можно видеть слабые объекты и различать мелкие детали, при плохих условиях (нижнее фото) многие мелкие детали теряются, а слабые объекты становятся невидимыми.

Большие водоемы, стабилизируя температуру и атмосферу, значительно улучшают условия наблюдения небесных тел. Небольшая влажность и даже легкая дымка создают благоприятные устойчивые условия. Хорошие условия для наблюдений возникают после небольшого дождя, очищающего воздух от пыли и загрязнений. Было замечено, что при наблюдениях в бинокли и телескопы часто благоприятен даже легкий туман. Многих наблюдателей раздражает облачность, однако надо иметь в виду, что в разрывах между облаками нередко возникают хорошие условия видимости. При планировании наблюдений следует учитывать, что кучевые облака, возникающие днем, к вечеру обычно рассеиваются, а слоистые облака, в частности связанные с областями пониженного давления, как правило, сохраняются на ночь. Иногда наиболее благоприятные условия наступают с прохождением холодных фронтов воздуха, даже если они несут заметную облачность.

Если температура биноклей, телескопов и другого оборудования ниже температуры окружающего воздуха или если их переносят в теплое помещение, то конденсация влаги и выпадение росы на них вызывает немало неприятностей. Чтобы избежать этого, обычно используют противоросники (с. 75), а объективы и зеркала закрывают перед вносом

инструментов в помещение. Но если все же стеклянные поверхности покрылись росой, вытирать их не следует, так как можно повредить оптические покрытия; влага быстро испарится с поверхности, если помахать перед ней листом бумаги.

Необходимые принадлежности

При наблюдениях нужно иметь источник красного света, журнал для записи результатов наблюдений, ручку или карандаш. Поскольку при холодной погоде ручка может отказаться, лучше всегда при себе иметь карандаш. Сохраняйте все записи, даже если они не содержат ничего, кроме пометок, что объект был виден или не виден. Приучите себя регулярно записывать дату и время наблюдений, для чего необходимо иметь часы, а чтобы не возникало путаницы со временем, установите часы по всемирному времени. Во время наблюдений старайтесь делать зарисовки планет, деталей поверхности Луны, галактик и других объектов, которые привлекут ваше внимание. Хотя вначале эти рисунки будут далеки от совершенства, они все же помогут вам получить достаточное представление о том, что вы можете увидеть на небе. По мере накопления опыта ваши заметки и рисунки станут лучше, содержательнее и богаче деталями. На первом этапе все эти занятия, возможно, покажутся вам неинтересными, но довольно скоро вы начнете получать удовольствие от таких наблюдений. (О том, как вести записи, мы подробнее расскажем в дальнейшем.)

Небесная сфера

При взгляде на небо кажется, что звезды, Солнце, Луна и другие небесные объекты расположены на внутренней поверхности гигантской, вращающейся в западном направлении небесной сферы. В античные времена небесная сфера считалась реальностью, и, хотя теперь хорошо известно, что такое представление ошибочно, оно оказалось удобным для описания звездного неба. Подобно тому как географические координаты — широта и долгота — используются для определения местоположения на поверхности Земли, небесные координаты характеризуют положение звезд на небесной сфере: Северный и Южный полюсы мира находятся как бы в точках пересечения продолжения оси вращения Земли с небесной сферой, а небесный экватор — линия пересечения плоскости земного экватора с небесной сферой.

Вид звездного неба с Земли

Вид звездного неба зависит от положения наблюдателя на поверхности Земли. На Северном полюсе наблюдению доступно только северное полушарие небесной сферы, т. е. половина всех звезд; аналогичная картина открывается взору наблюдателя на Южном полюсе. Но в том и другом случаях доступные наблюдению звезды видны лишь тогда, когда Солнце находится под горизонтом. Звезды вместе с небесной сферой вращаются вокруг соответствующего полюса мира, который расположен прямо над головой — в зените. Яркая Полярная звезда (α Малой Медведицы) находится вблизи Северного полюса мира, положение же Южного полюса мира, к сожалению, не отмечено никакой яркой звездой.

На других географических широтах наблюдаемы звезды как Северного, так и Южного полушарий небесной сферы. Например, если смотреть из точки, лежащей на широте 45° с. ш., то Полярная звезда видна под углом 45° к горизонту; в поле зрения попадают и многие южные звезды. Однако в данном случае над горизонтом остаются все время только звезды, лежащие в пределах 45° в окрестности полюса мира. Эти околополярные незаходящие звезды можно видеть в любую ясную ночь. Условия наблюдения остальных звезд — восходящих и заходящих — в течение ночи медленно изменяются в зависимости от сезона. Теоретически любой наблюдатель на экваторе мог бы видеть оба полюса и все звезды на

небе (хотя в каждый данный момент только половину звезд), но практически влияние рефракции и поглощения света осложняет картину.

Для любого наблюдателя наиболее важной линией на небесной сфере является небесный меридиан — окружность большого круга небесной сферы, проходящая по всему небу через Северный и Южный полюсы мира и точку зенита: он проходит также через надир — точку, расположенную прямо «под ногами» наблюдателя. Небесный меридиан можно рассматривать как аналог земного меридиана, соответствующего долготе местоположения наблюдателя. Когда небесные объекты пересекают эту линию, тянущуюся с севера на юг, говорят, что они проходят через меридиан. (Для наблюдения прохождений светил через небесный меридиан используют установленные в его плоскости телескопы, которые называют пассажными инструментами.) Достигая своей максимальной высоты при пересечении небесного меридиана, объект, как принято говорить, кульминирует. Околополярные незаходящие звезды пересекают небесный меридиан дважды: над полюсом мира и под ним. Эти явления соответственно называют верхней и нижней кульминацией.

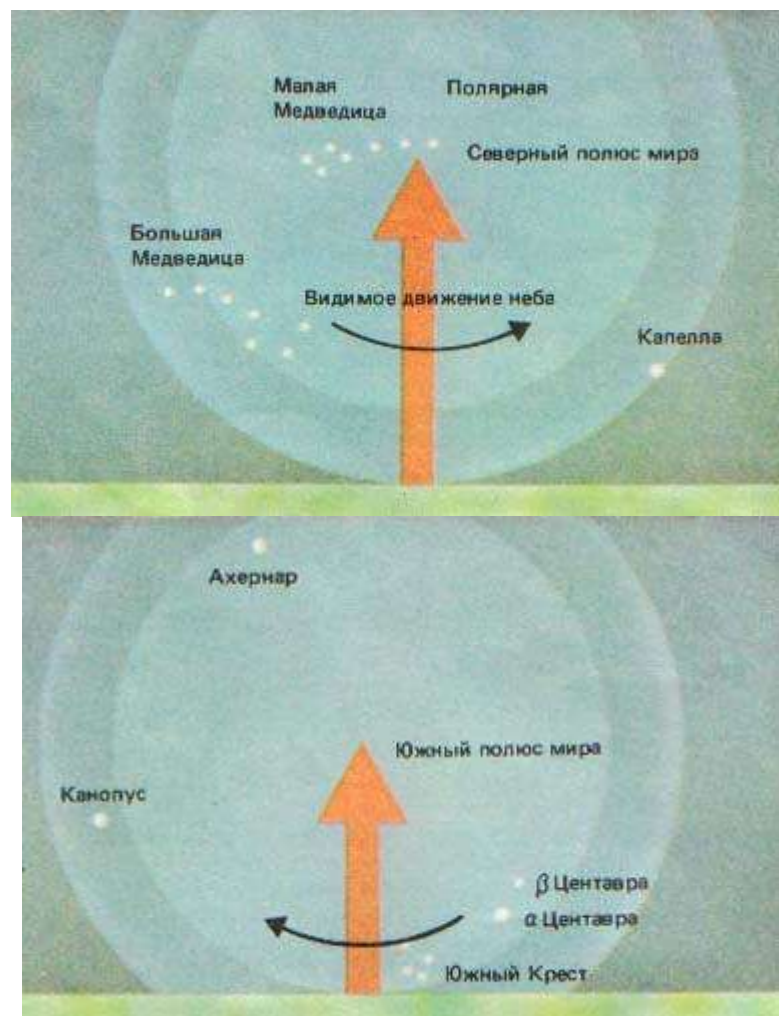


Рис. 11. Высота полюса мира над горизонтом всегда равна широте места наблюдения. В пункте наблюдения с координатой 45° с. ш. Капелла является околополярной незаходящей звездой (вверху). При наблюдении в пункте 35° ю. ш. Канопус — звезда заходящая, а незаходящее созвездие Южный Крест едва касается горизонта (внизу справа).

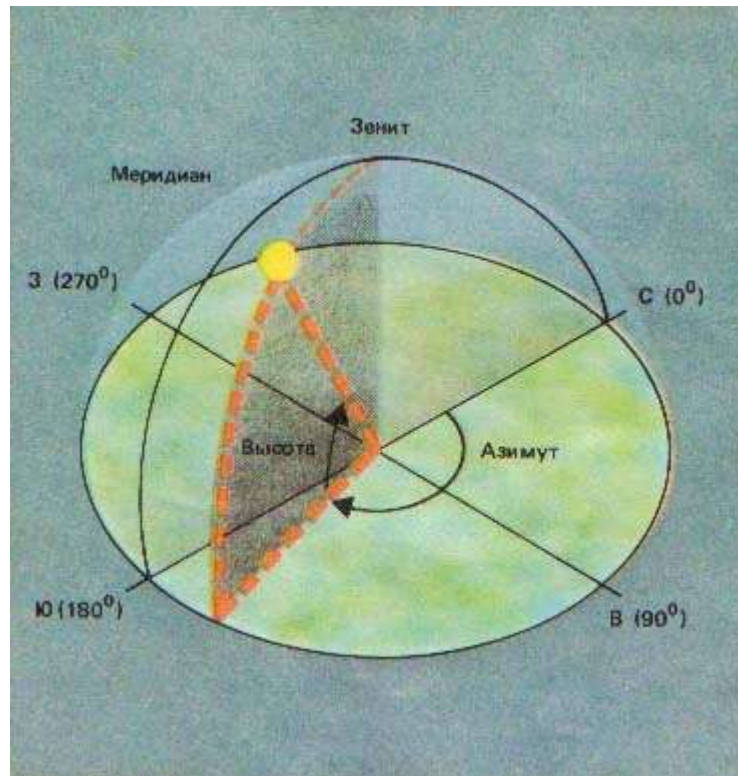


Рис. 12. Широта светила измеряется дугой, перпендикулярной плоскости горизонта; азимут отсчитывается от точки севера в восточном направлении вдоль горизонта.

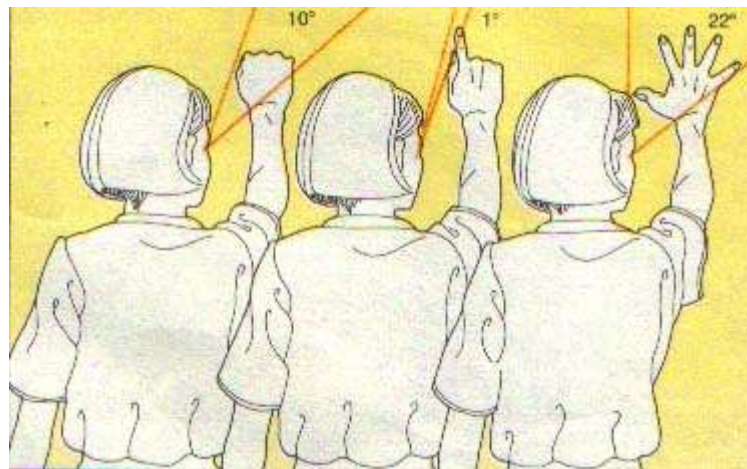


Рис. 13. Угловое расстояние между двумя объектами можно оценить приблизительно, сравнивая его с расстоянием между пальцами вытянутой руки.

Поскольку небо представляет собой сферу, в центре которой находится наблюдатель, все расстояния между небесными светилами измеряются в углах; при этом полный круг соответствует 360° . Такие измерения весьма полезны, даже если они сделаны приближенно. Если же положение какого-либо небесного объекта относительно горизонта нужно знать точно, то используется прямоугольная система координат, в которой местоположение характеризуется высотой и азимутом. Для этих целей может служить астрокомпас. Астроном-любитель без особого труда может сам изготовить прибор, который во многих случаях вполне пригоден для измерения этих координат с достаточной точностью.

Изменение вида звездного неба в течение года

Период вращения Земли вокруг оси, измеренный относительно звезд и поэтому получивший название звездные (или сидерические) сутки, примерно на 4 мин короче средних солнечных суток — периода вращения Земли вокруг своей оси, измеренного относительно Солнца. Это отличие обусловлено движением Земли вокруг Солнца. Так как время, по которому мы живем, т.е. обычное гражданское время, связано со средними солнечными сутками, моменты восхода и захода звезд, измеренные по этому времени, сдвигаются каждый день на 4 мин вперед по сравнению с предыдущими сутками: звезды как бы медленно перемещаются по ночному небу в западном направлении. Временами они подходят так близко к Солнцу, что становятся невидимыми — наступает вынужденный сезонный перерыв в наблюдении этих объектов.

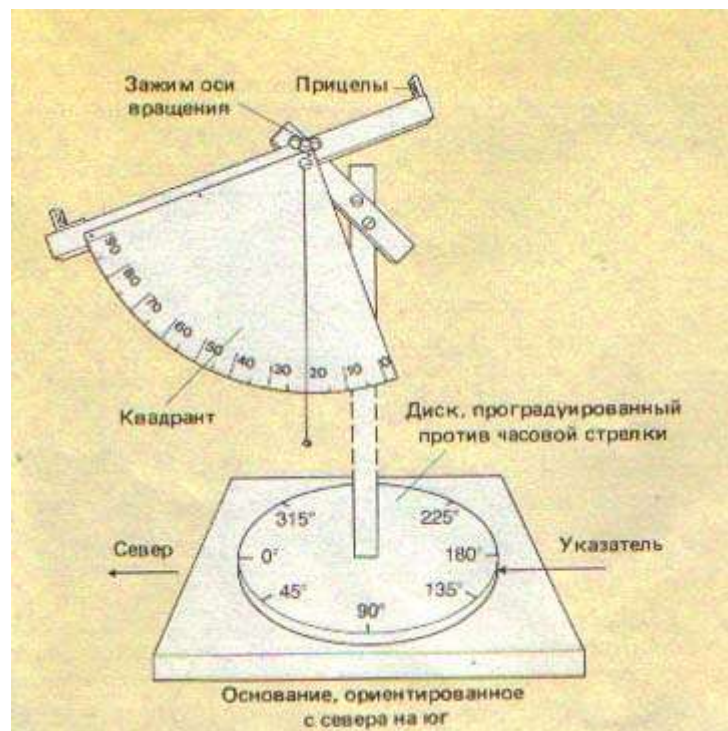


Рис. 14. Схема простого угломерного инструмента для измерения высоты и азимута светила. Высота отсчитывается с помощью отвеса, азимут определяется по шкале горизонтального круга, который вращается вместе с вертикальной стойкой.

Известно, что звезды действительно совершают собственные движения в пространстве, меняя свое положение относительно друг друга. Однако звезды расположены столь далеко от нас, что любые изменения в их положении становятся заметными невооруженному глазу через столетия. Благодаря этому обстоятельству мы можем говорить о движении Солнца, Луны, планет и других небесных тел относительно «неподвижных» звезд. Большой круг небесной сферы, по которому Солнце совершает свой путь среди звезд в течение года, называется эклипстикой. Плоскость эклиптики наклонена под углом $23,5^\circ$ к земному и небесному экваторам; это объясняется тем, что наклон оси вращения Земли к эклиптике составляет $66,5^\circ$. Именно по этой причине высота Солнца над горизонтом меняется в течение года и происходит смена времен года. Пути Луны и больших планет Солнечной системы проходят в пределах области небесной сферы шириной 8° , лежащей по обе стороны от эклиптики. Древние наблюдатели выделили в полосе шириной около 16° , тянущейся вдоль эклиптики, 12 зодиакальных созвездий, которым астрологи придавали особое значение. По прошествии многих веков вследствие прецессии положение основных точек эклиптики среди окружающих звезд изменилось. Солнце и планеты могут появиться и в созвездии Змееносца (Orphiuchus); это созвездие, получившее свое название в античные времена, не включено в

число зодиакальных. Современные астрономы считают астрологию и «звездные знаки» не более чем религиозными предрассудками и суевериями. Но древние знаки Зодиака используются до сих пор для обозначения зодиакальных созвездий, например знаком созвездия Овен (Aries) Γ обозначается одна из двух важнейших точек небесной сферы, в которых эклиптика пересекает небесный экватор.

Перевод небесных координат в угловую меру

Прямое восхождение	24 ч	1 ч	4 мин
Градусная мера	360°	15°	1°



Рис. 15. Полюса мира и небесный экватор непосредственно связаны с полюсами и экватором Земли. По мере вращения Земли вокруг своей оси все небесные светила в течение дня пересекают небесный меридиан, связанный с наблюдателем.

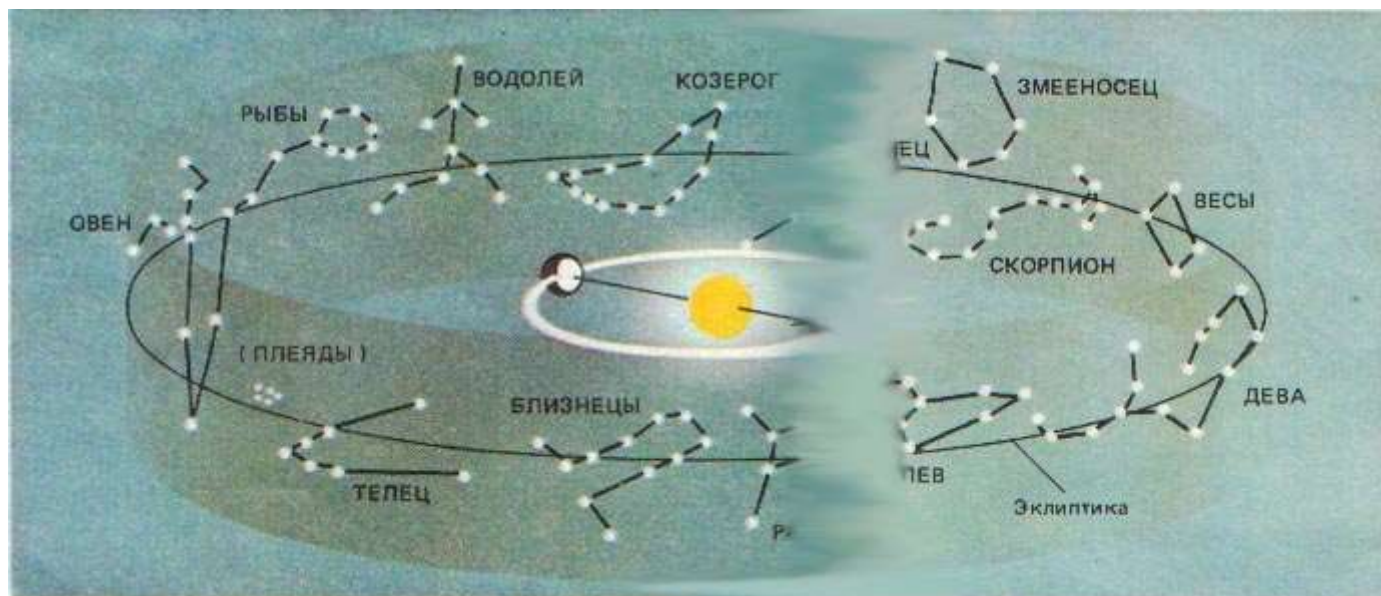


Рис. 16. Пояс зодиакальных созвездий, по которому совершают свой видимый путь планеты и Луна, вытянут вдоль эклиптики — видимого пути Солнца среди звезд.

Наблюдения невооружённым глазом

Наблюдения многих небесных тел и явлений можно производить невооруженным глазом. Особое место здесь занимают изучение созвездий и ориентировка среди звезд, о чем кратко говорится на с. 38. Подобные наблюдения очень важны для астрономов, поскольку дают превосходную практику, которая служит подготовкой к последующему изучению неба с помощью бинокля и телескопа. Так, на Луне невооруженным глазом можно различить такое же разнообразие интересных деталей, как у большинства планет в телескопы. Поэтому зарисовки Луны позволяют накопить большой опыт для дальнейших телескопических исследований планет и других небесных тел.

Невооруженным глазом можно заметить, что звезды различаются по цвету, что существуют рассеянные и шаровые скопления звезд, увидеть далекие галактики.

Скопления звезд нашей Галактики представляются невооруженному глазу в виде Млечного Пути, который пересекает всю небесную сферу. Красоту Млечного Пути в полной мере можно оценить только при наблюдениях невооруженным глазом в темные ночи. Набравшись опыта, в дальнейшем вы без труда отыщете в нем и темные облака. Ни один инструмент, обеспечивающий большое увеличение, не позволяет охватить взглядом весь Млечный Путь; только камеры с широким полем зрения в какой-то мере компенсируют этот недостаток. Хвосты комет вследствие их слабого свечения и низкой контрастности можно обнаружить только при наблюдениях невооруженным глазом (или с помощью специальных устройств).

Таблица №1

Объекты, видимые невооруженным глазом

Созвездие, в котором расположен объект	Обозначение
And	M31
Cnc	M44
CVn	M3
Cen	ω
Cru	X
Dor/Men	LMC
Her	M13
Lyr	ϵ
Ori	M42
Per	h&x
Per	M34
Tau	θ
Tau	M45
Tuc	SMC
Tuc	47
UMa	ζ



Рис. 17. Лунное затмение — одно из небесных явлений, наблюдаемых невооруженным глазом.

С целью проверки остроты зрения убедитесь для начала, являются ли некоторые звезды двойными, попытайтесь обнаружить переменные звезды, т.е. такие, которые — за исключением случайно вспыхивающих звезд — либо увеличивают свой блеск, периодически становясь видимыми, либо меняют свой блеск, оставаясь все время видимыми. Не менее захватывающее событие — обнаружить зарождающийся тончайший серпик новой Луны; при хорошем зрении и очень благоприятных условиях удастся разглядеть невооруженным глазом спутники Юпитера.

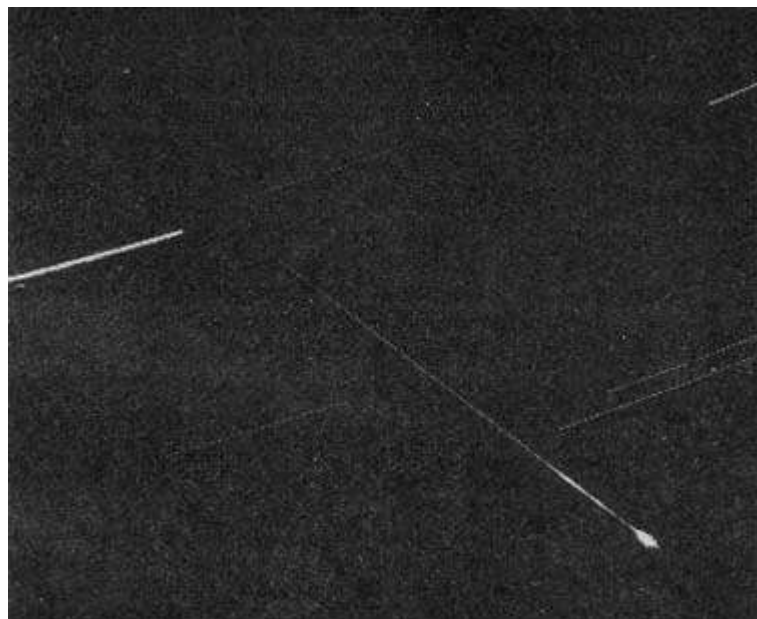


Рис. 18. Метеоры представляют собой идеальные объекты для наблюдения невооруженным глазом. Этот яркий болид принадлежал метеорному потоку Персеиды, который ежегодно наблюдается в августе.

Нетрудно найти на небе большие планеты, а далекую планету Уран и малую планету (астероид) Веста при хороших условиях можно обнаружить невооруженным глазом лишь на пределе видимости. Движения планет и комет удастся проследить во времени и отметить их пути среди звезд.

Возможно, наиболее ценными с научной точки зрения могут оказаться наблюдения метеоров и полярных сияний. Для качественного наблюдения метеоров требуется, в частности, хорошее знание созвездий.

Изучение созвездий

Если вы заинтересовались астрономией, научитесь прежде всего ориентироваться среди звезд. Начать, пожалуй, следует с изучения групп звезд, или созвездий, которых насчитывается 88. Названия некоторых из них сохранились еще с античных времен, и они напоминают нам о мифических героях и существах. Другие получили свои наименования в XVII-XVIII вв., и среди них нередко встречаются названия научных приборов. Расположение звезд в созвездиях, как правило, лишь весьма отдаленно напоминает очертания предметов, названия которых им присвоены. Вообще говоря, отдельные звезды, образующие созвездия, удалены от нас на самые различные расстояния и совершенно не связаны между собой — просто нам кажется, что они расположены рядом.

Как границы созвездий, так и их названия окончательно были определены международным соглашением в 1922 г., но иногда в астрономической литературе все еще используются старые названия. Так, метеорный поток Квадрантиды назван по уже не существующему созвездию Настенный Квадрант (*Quadrans Muralis*). В дополнение к латинскому названию (оно часто заимствовано из более раннего греческого) каждое созвездие имеет обычное название, которое нередко представляет собой просто перевод с латыни. Большинство астрономов используют латинские названия созвездий: они приведены в таблице вместе с общепринятыми ныне обычными названиями. Если вы только приступаете к изучению созвездий, то старайтесь пользоваться латинскими названиями (см. таблицу), даже если на первых порах они покажутся трудными для произношения и запоминания, поскольку именно эти названия, принятые во всем мире, встречаются во всех атласах и каталогах. Не отчаивайтесь при мысли, что вам предстоит научиться находить 88 созвездий и усвоить все их названия. Как уже говорилось, вид звездного неба зависит от места наблюдения на Земле и времени года. Поэтому многие созвездия либо вообще, либо временно — в зависимости от сезона — не видны. Во всяком случае, не трудно каждую ночь изучать хотя бы одно новое созвездие.

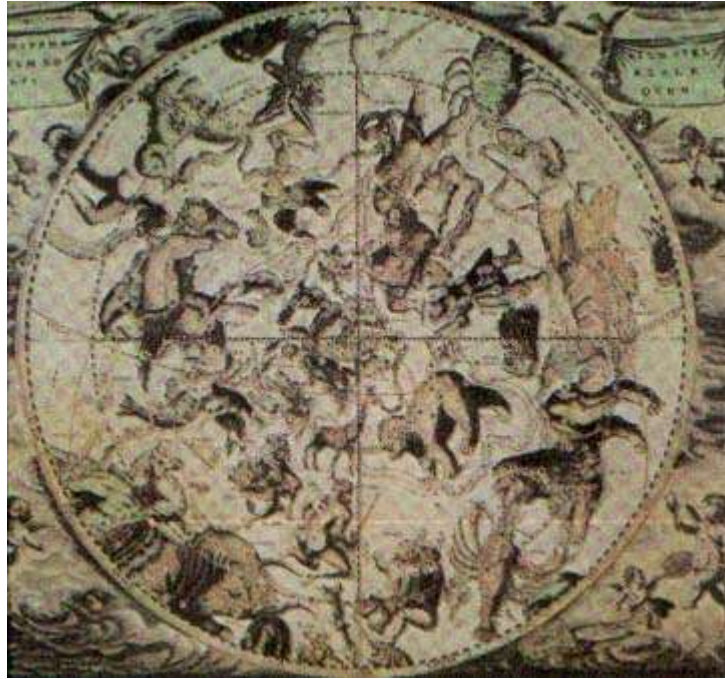


Рис. 19. На старинных звездных картах обычно изображали положения наиболее ярких звезд и контуры созвездий. Такова звездная карта, составленная известным астрономом XVII в. Гевелием.

Таблица №2
Список созвездий

Латинское название	Родительный падеж	Обозначение	Русское название
Andromeda	Andromedae	And	Андромеда
Antlia	Antliae	Ant	Насос
Apus	Apodis	Aps	Райская Птица
Aquarius	Aquarii	Aqr	Водолей
Aquila	Aquilae	Aql	Орел
Ara	Arae	Ara	Жертвенник
Aries	Arietis	Ari	Овен
Auriga	Aurigae	Aur	Возничий
Bootes	Bootis	Boo	Волопас
Caelum	Caeli	Cae	Резец
Camelopardalis	Camelopardalis	Cam	Жираф
Cancer	Cancri	Cnc	Рак
Canes Venatici	Canum Venaticorum	CVn	Гончие Псы
Canis Major	Canis Majoris	CMa	Большой Пес
Canis Minor	Canis Minoris	CMi	Малый Пес
Capricornus	Capricorni	Cap	Козерог
Carina	Carinae	Car	Киль
Cassiopeia	Cassiopeiae	Cas	Кассиопея
Centaurus	Centauri	Cen	Центавр
Cepheus	Cephei	Cep	Цефей
Cetus	Ceti	Cet	Кит
Chamaeleon	Chamaeleonis	Cha	Хамелеон
Circinus	Circini	Cir	Циркуль
Columba	Columbae	Col	Голубь
Coma Berenices	Coma Berenicens	Com	Волосы Бероники
Corona Australis	Coronae Australis	CrA	Южная Корона
Corona Borealis	Coronae Borealis	CrB	Северная Корона
Corvus	Corvi	CrV	Ворон
Crater	Crateris	Crt	Чаша

Cruх	Crucis	Cru	Южный Крест
Cygnus	Cygni	Cyg	Лебедь
Delphinus	Delphini	Del	Дельфин
Dorado	Doradus	Dor	Золотая Рыба
Draco	Draconis	Dra	Дракон
Equuleus	Eqquei	Equ	Малый Конь
Eridanus	Eridani	Eri	Эридан
Fornax	Fornacis	For	Печь
Gemini	Geminorum	Gem	Близнецы
Grus	Gruis	Gru	Журавль
Hercules	Herculis	Her	Геркулес
Horologium	Horologii	Hor	Часы
Hydra	Hydrae	Hya	Гидра
Hydrus	Hydri	Hyi	Южная Гидра
Indus	Indi	Ind	Индеец
Lacerta	Lacertae	Lac	Ящерица
Leo	Leonis	Leo	Лев
Leo Minor	Leonis Minoris	LMi	Малый Лев
Lepus	Leporis	Lep	Заяц
Libra	Librae	Lib	Весы
Lupus	Lupi	Lup	Волк
Lynx	Lyncis	Lyn	Рысь
Lyra	Lyrae	Lyr	Ли́ра
Mensa	Mensae	Men	Столовая Гора
Microscopium	Microscopii	Mic	Микроскоп
Monoceros	Monocerotis	Mon	Единорог
Musca	Muscae	Mus	Муха
Norma	Normae	Nor	Наугольник
Octans	Octantis	Oct	Октант

Ophiuchus	Ophiuchi	Oph	Змееносец
Orion	Orionis	Ori	Орион
Pavo	Pavonis	Pav	Павлин
Pegasus	Pegasi	Peg	Пегас
Perseus	Percei	Per	Персей
Phoenix	Phoenicis	Phe	Феникс
Pictor	Pictoris	Pic	Живописец
Pisces	Piscium	Psc	Рыбы
Piscis Austrinus	Piscis Austrini	PsA	Южная Рыба
Puppis	Puppis	Pup	Корма
Pyxis	Pyxidis	Pyx	Компас
Reticulum	Reticuli	Ret	Сетка
Sagitta	Sagittae	Sge	Стрела
Sagittarius	Sagittarii	Sgr	Стрелец
Scorpius	Scorpii	Sco	Скорпион
Sculptor	Sculptoris	ScI	Скульптор
Scutum	Scuti	Set	Щит
Serpens	Serpentis	Ser	Змея
Sextans	Sextantis	Sex	Секстант
Taurus	Tauri	Tau	Телец
Telescopium	Telescopii	Tel	Телескоп
Triangulum	Trianguli	Tri	Треугольник
Triangulum Australe	Trianguli Australis	TrA	Южный Треугольник
Tucana	Tucanae	Tuc	Тукан
Ursa Major	Ursae Majoris	UMa	Большая Медведица
Ursa Minor	Ursae Minoris	UMi	Малая Медведица
Vela	Velorum	Vel	Паруса
Virgo	Virginis	Vir	Дева
Volans	Volantis	Vol	Летучая Рыба
Vulpecula	Vulpeculae	Vul	Лисичка

По мере приобретения навыков в нахождении наиболее важных созвездий вы убедитесь, что самые заметные из них легко распознаются среди звезд. Сначала могут возникнуть затруднения с изучением зодиакальных созвездий, в которые «попали» одна или несколько планет. Планеты обычно легко отличить по их виду и меньшему мерцанию по сравнению с соседними звездами. Распознаванию планет поможет также их перемещение среди звезд.

Большинство наиболее ярких звезд имеет собственные имена, многие из которых были присвоены им еще в средние века арабскими астрономами. По этой причине возникают трудности не только с запоминанием названий, но в ряде случаев и с их правильным произношением (к тому же ряд звезд имеет одинаковые имена). Однако в настоящее время астрономы очень редко используют эти старые названия — лишь в некоторых особо важных случаях. Они предпочитают использовать для обозначения звезд греческие буквы — способ, предложенный в начале XVII в. немецким астрономом И. Байером. В каждом созвездии Байер обозначал самую яркую звезду буквой «альфа» (α), следующую по яркости — «бета» (β), третью по яркости — «гамма» (γ) и так до самых слабых звезд, используя последовательно

все буквы греческого алфавита. Из-за своей простоты эта система названий сохранилась до наших дней, несмотря на то что она применяется только для обозначения самых ярких звезд и что во многих случаях произошли изменения в оценке блеска звезд в созвездиях. Для обозначений более слабых звезд используются другие способы (о некоторых из них говорится на с. 88).

За греческой буквой при обозначении звезды обычно следует латинское название созвездия, к которому она относится, записанное в родительном падеже. В таблице приведены также стандартные трехбуквенные сокращенные названия созвездий, которые почти всегда используются в списках объектов; возможно, их легче запомнить, чем полное название созвездий. По мере изучения звездного неба эти и другие названия небесных тел станут для вас привычными. В качестве примера рассмотрим звезду Минтака, расположенную вблизи небесного экватора в созвездии Орион. Название Минтака, самой северной из трех звезд в поясе Ориона, произошло от арабского «аль-минтака» (пояс). Байер установил, что это четвертая по яркости звезда в этом созвездии и обозначил ее (дельта) *Orionis*; обычно астрономы записывают это как *Or δ* .

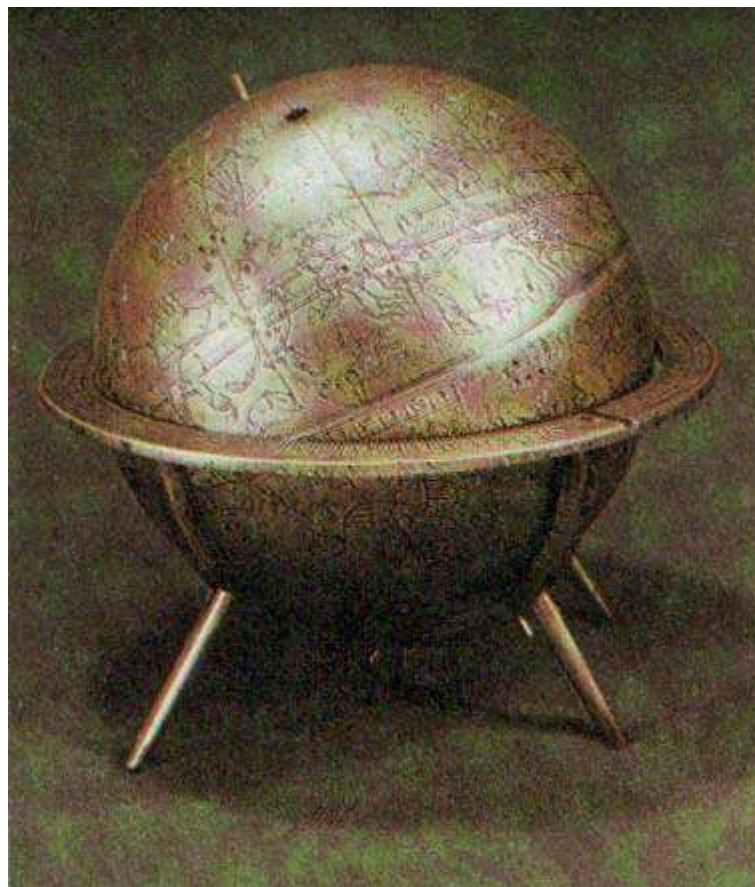


Рис. 20. Небесный глобус, изготовленный в Персии в XIV в. На глобусе, сделанном из меди, выгравированы рисунки созвездий, к нему прикреплены серебряные звезды.

Блеск звезд (или любых других астрономических объектов, скажем планет) измеряется в звездных величинах. Следует помнить, что в этой шкале более яркие звезды имеют меньшие величины. Этой странной закономерностью мы обязаны античным астрономам, которые полагали, что самые яркие звезды как более важные стоят на первом месте, т.е. имеют «первую звездную величину» — это обозначается как $1m$; следующие по яркости и важности имеют «вторую звездную величину» — обозначение $2m$ и т.д. При благоприятных условиях самые слабые звезды, доступные наблюдению невооруженным глазом, имеют шестую звездную величину. В настоящее время шкала звездных величин получила солидное

научное обоснование (с. 205), в связи с чем нескольким самым ярким небесным телам приписали отрицательные величины; так, самая яркая звезда нашего неба Сириус имеет звездную величину $-1,4m$. Венера, ярчайшая из планет, может достигать звездной величины $-4m$, а блеск полной Луны приближается к $-13m$.



Рис. 21. Два близких скопления звезд в созвездии Персей в прошлом считали двумя отдельными звездами, которые получили обозначения η и ρ Персея. В настоящее время эти названия сохранились за скоплениями.

Ориентирование среди звёзд

Для удобства пользования в нашей книге приведены звездные карты двух типов. Карты одного типа составлены таким образом, чтобы облегчить начинающим поиск звезд и основных созвездий. Эти карты подчеркивают рисунок распределения самых ярких звезд, который несколько отличается от очертаний обычных созвездий. На двух картах показаны звезды северной и южной околополярных областей, на шести других — экваториальные созвездия. Для удобства тех, кто впервые знакомится со звездным небом, карты экваториальной области расположены несколько в ином порядке, чем это общепринято. Далее, после того как читатель познакомится с системами координат, с помощью которых можно точно определить положение любого небесного тела, приводится вторая группа карт, на которые нанесена координатная сетка. На этих картах изображены все созвездия и все звезды до пятой звездной величины. Соответствующие пары карт первого и второго типов охватывают один и тот же участок звездного неба, так что их легко сравнивать.

Обычно наблюдения проводятся вечером, поэтому на картах показаны области звездного неба, которые расположены вблизи небесного меридиана в 21 ч 00 мин по местному времени. Если наблюдения проводятся на месяц раньше (позднее), то вы можете воспользоваться теми же картами, но при этом надо учитывать, что они будут показывать звездное небо уже в моменты времени на 2 ч раньше (позднее).

С помощью подвижной карты звездного неба, планисферы, представляющей собой плоскую проекцию звездного неба с наложенным на нее прозрачным подвижным кругом,

очерчивающим видимую над горизонтом часть небесной сферы, можно установить вид звездного неба в любой день и момент времени. Такую звездную карту с учетом широты вашего местоположения вы можете изготовить сами.

Значительные трудности представляет расчет положений планет на длительное время. Ряд сведений о планетах приводится в таблицах, более полную информацию вы можете почерпнуть из астрономического календаря и ежегодника, которые выпускаются каждый год.

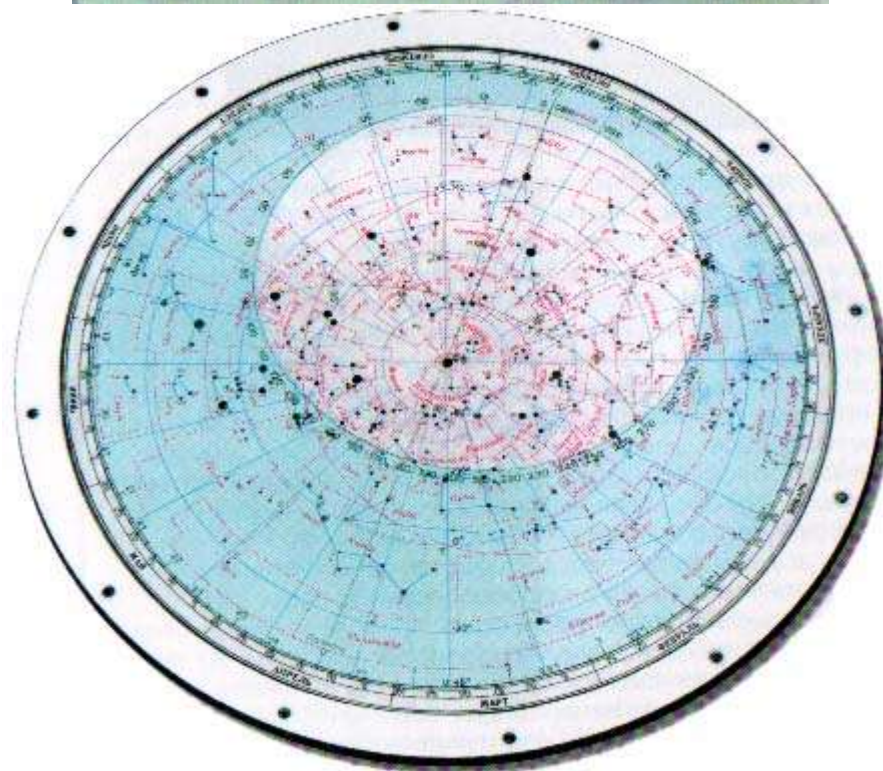
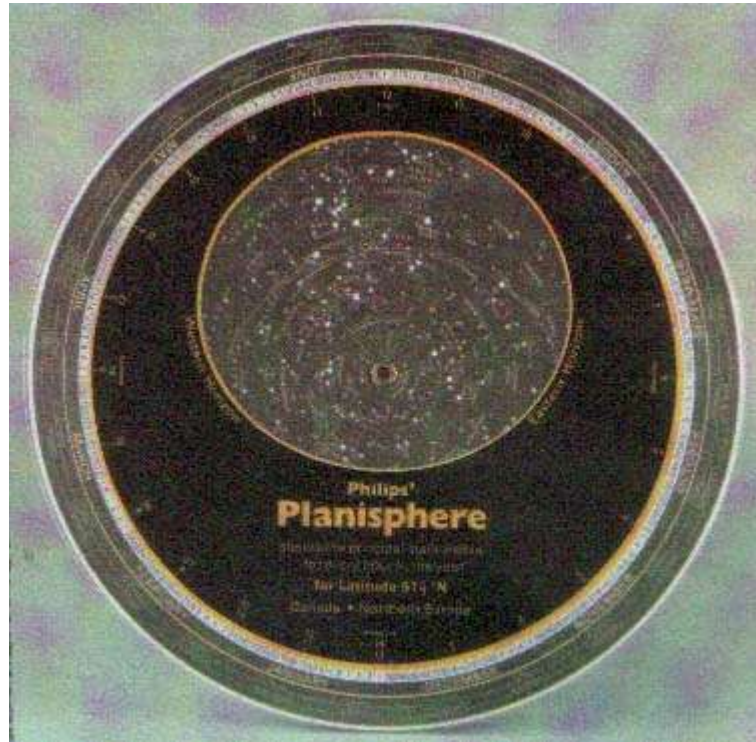


Рис. 22. Подвижная звёздная карта показывает вид звёздного неба над горизонтом в любой период времени; с её помощью легко определить, какие небесные тела можно

наблюдать на протяжении той или иной ночи.

Созвездие, с которого вам следует начинать изучение звездного неба, определяется вашим местоположением на Земле. Для живущих в Северном полушарии — это Большая Медведица, в Южном полушарии наиболее заметное созвездие — Южный Крест. Созвездие Ориона и ряд других экваториальных созвездий хорошо знакомы наблюдателям разных стран. Ориентироваться среди звезд помогают также го небольшие заметные группы, составляющие только часть созвездия которые получили название «астеризмы».

В дальнейшем при описании созвездий используются как ю полные латинские названия, так и стандартные трехбуквенные сокращения. На картах и в тексте приводятся общепринятые обозначения звезд буквами греческого алфавита; между некоторыми яркими и наиболее интересными звездами указаны угловые расстояния. Описываются также методы (с. 26), позволяющие с помощью простых угломерных инструментов измерять эти расстояния приближенно или более точно. Важно отметить, что в описаниях карт, приведенных в данной книге, и вообще любых звездных карт привычные нам понятия — север, юг, запад, восток — относятся не просто к сторонам горизонта в месте наблюдения, а к точкам и направлениям на небесной сфере. Так, «север» всегда означает направление на Северный полюс мира, «юг» — противоположное и т.д. Если встать лицом небесному меридиану и спиной к Северному полюсу мира, то запад будет находиться справа.

Созвездия вблизи Северного полюса мира

Семь ярких звезд Большой Медведицы (Ursa Major, UMa) образ созвездие, хорошо известное даже людям, далеким от астрономии, разных народов это созвездие называется по-разному: так, оно известно и под названием «Плуг», а в странах Европы и Северной Америки его называют «Большой Ковш». Обычно это созвездие видно в течение всей ночи, и его легко найти по расположению звезд. Правда, из-за большого поглощения света Большую Медведицу трудно различить там, где вечерами она расположена низко над горизонтом.

Две звезды Большой Медведицы UMa (Мерак) и UMa (Дубхе), расстояние между которыми составляет около 5° , указывают на положение Полярной звезды, относящейся к созвездию Малая Медведица (Ursa Minor, UMi). Расстояние между UMa и Полярной звездой равно примерно 28° . В течение суток все звезды совершают медленное вращение против часовой стрелки вокруг Полярной звезды (UMi), которая практически неподвижна. В действительности она описывает небольшой круг вокруг Северного полюса мира, так как находится на расстоянии около Γ от него. Полярная звезда, UMi (Кохаб) и семь ярких звезд Большой Медведицы имеют вторую звездную величину.

UMa (Мицар) видна невооруженным глазом как двойная звезда, а в телескоп и бинокль каждая из названных звезд наблюдается как двойная. Если продолжить линию, соединяющую Мицар и Полярную звезду, на такое же расстояние, то она укажет на звезду Cas; созвездие Кассиопея (Cassiopeia, Cas), имеющее W-образную форму, расположено в Млечном Пути. Если эту линию мысленно повернуть вокруг Полярной звезды против часовой стрелки на 90° , то она укажет положение двух ярких звезд: Денеба (Лебеда, или Cygni) и Веги (Лирь, или Lyrae), которые находятся несколько дальше от полюса, чем Мицар и Cas. Возвращаясь к Большой Медведице, отметим, что ее две звезды и (представляющие верхний край «ковша») точно указывают на созвездие Возничий (Auriga, Aur) с яркой звездой Капеллой (Aur).

Созвездие Дракон (Draco, Dra), состоящее из слабых звезд, разбросано вокруг полюса и Малой Медведицы; его четырехугольная «голова» лежит к северо-востоку от Веги, а «хвост» — между Полярной звездой и Большой Медведицей. Ничем не примечательное почти пятиугольное созвездие Цефей (Cepheus, Cep) частично находится в Млечном Пути (между созвездиями Лебедь и Кассиопея) и простирается далее к полюсу. Самая яркая звезда этого созвездия Cep лежит на продолжении линии, соединяющей две звезды и Cas.

Довольно заметное созвездие Персей (Perseus) находится в Млечном Пути по другую сторону от Кассиопеи, между ней и Возничим. Совсем неприметные созвездия Жираф (Camelopardalis) и Рысь (Lynx), а также ряд слабых звезд Большой Медведицы расположены между семью яркими звездами этого созвездия и Возничим.

Экваториальные созвездия

Январь, февраль, март

В этой области неба наиболее примечательно созвездие Орион (Orion, Ori), которое благодаря своему особому очертанию и расположению на небесном экваторе может служить отправным пунктом при изучении данного участка неба, причем для наблюдателей, живущих как в Северном, так и в Южном полушариях. В этом созвездии прежде всего бросаются в глаза красный сверхгигант звезда Бетельгейзе (Ori), сверкающий белизной Ригель (Ori) и цепочка из трех звезд второй величины, образующая пояс мифического охотника Ориона. Самая северная из этой цепочки звезд (Ori) находится почти на небесном экваторе. Южнее пояса лежат звезды «меча» с известной Туманностью Ориона (M 42) в центре, которая невооруженному глазу видна как едва заметное туманное пятнышко неправильной формы. Продолжая цепочку звезд пояса Ориона на юг, вы обнаружите самую яркую звезду неба Сириус (а Большого Пса, или Canis Majoris), которая имеет звездную величину -1,4m. Продолжение этой линии на север проходит несколько южнее оранжевого Альдебарана (Тельца, или Tauri), который находится вблизи скопления звезд V-образной формы Гиады. Еще севернее вдоль этой линии лежит очень заметное скопление звезд Плеяды, принадлежащее созвездию Телец.

Созвездие Телец (Taurus, Tau), хотя и изображает разъяренного быка, в основном состоит из его «головы» (звезда Альдебаран и скопление звезд Гиады) и «рогов», оканчивающихся двумя не очень яркими звездами, расположенными к северу от Ориона, между ним и созвездием Возничий. В созвездие Телец входят еще несколько звезд четвертой величины, лежащих к югу и западу от Альдебарана.

Яркие звезды созвездия Возничий вместе со звездой Таи образуют неправильный пятиугольник. К востоку от Капеллы (Aur) обращает внимание треугольник из звезд, получивший название «Козочки». Млечный Путь проходит и через это созвездие, но здесь он менее заметен, чем в созвездии Лебедь или на фоне ярких сгущений звезд в Южном полушарии.

К северу от Ориона расположено зодиакальное созвездие Близнецы (Gemini, Gem) с двумя заметными яркими звездами Кастор (Gem) и Поллукс (Gem). Поллукс, южная из этих двух звезд, ярче Кастора. «Туловища» этой пары «близнецов» образуют группы звезд, вытянутые в сторону созвездия Орион. Кастор и Поллукс можно также найти, продолжив линию, соединяющую звезды и Большой Медведицы.

Южнее Кастора и Поллукса лежит небольшое созвездие Малый Пес (Canis Minor, CMi) с яркой звездой Процион (CMi), которая вместе с Бетельгейзе и Сириусом образует почти равносторонний треугольник. К северу от Проциона находится еще одна яркая звезда этого созвездия (CMi). В отличие от Малого Пса созвездие Большой Пес (Canis Major, CMa) содержит кроме Сириуса еще несколько ярких звезд, включая звезду первой величины (CMa).

Если продолжить линию «спинного хребта» Большого Пса, протянувшегося вдоль Млечного Пути, до звезды Кормы, а затем под прямым углом через два «треугольника» созвездия Корма (Puppis), то она укажет на сияющий Канопус (а Киля, или Caninae), вторую по яркости звезду нашего неба, имеющую звездную величину -0,7. Между Канопусом и Орионом лежат созвездия Голубь (Columba) и Заяц (Lepus).

Созвездие Эридан (Eridanus, Eri), названное именем мифической реки, начинается со

звезды третьей величины (Egi), чуть северо-западнее Ригеля извивается далеко на юг цепочкой слабых звезд (не ярче третьей величины) и оканчивается Ахернаром (Egi) — звездой первой величины, лежащей значительно южнее Конопуса.

Март, апрель, май

Южнее Большой Медведицы в направлении линии, соединяющей Дубхе (UMa) и Мерак (UMa), к востоку от созвездий Близнецов и Малого Пса лежит довольно заметное по рисунку созвездие Льва (Leo). Самая яркая звезда этого созвездия Регул (Leonis), имеющая первую звездную величину, находится почти на эклиптике, поэтому иногда можно наблюдать покрытие ее Луной. Регул и группа звезд этого созвездия, протянувшаяся к северо-западу, образуют астеризм, похожий на серп или перевернутый знак вопроса. Основная группа ярких звезд созвездия Лев вытянута к востоку в направлении к звезде второй величины Денебола (Leo).

Таблица №3
Греческий алфавит

Буква	Название	Буква	Название	Буква
α	альфа	ι	йота	ρ
β	бета	κ	каппа	σ
γ	гамма	λ	лямбда	τ
δ	дельта	μ	мю	υ
ε	эпсилон	ν	ню	φ
ζ	дзета	ξ	кси	χ
η	эта	ο	ОМИКРОН	ψ
θ	тэта	π	ПИ	ω

Линия, проходящая через Регул и Денеболу, позволяет сравнительно легко найти оранжевую звезду Арктур (α Волопаса, или Bootis), расположенную значительно восточнее. К северу от созвездия Льва, между ним и Большой Медведицей, расположены созвездия Рысь (Lynx, Lyn) с одной яркой звездой третьей величины и совсем слабое и неинтересное созвездие Малый Лев (Leo Minor, LMi). Другое небольшое незаметное созвездие Рак (Cancer, Cnc) лежит между Близнецами и Львом, в нем находится заметное рассеянное звездное скопление Ясли (Praesep, M44).

Южнее Рака и восточнее Прочиона (CMi) расположен небольшой астеризм «голова» Гидры. Созвездие Гидра (Hydra, Hyu) занимает самую большую площадь на небе, но, несмотря на это, имеет только одну яркую звезду — Альфарад (Hyu), расположенную южнее Регула. (На «голову» Гидры и Альфарада указывает линия, соединяющая Кастор и Полукс.) От «головы» цепочка слабых звезд хвоста Гидры вначале тянется на юг, затем на восток, почти параллельно небесному экватору, и оканчивается восточнее Арктура.

Севернее Гидры расположены три незаметных созвездия. Самое непримечательное из них — Секстант (Sextans), имеющее звезды слабее 4,5m, расположено южнее Регула и северо-восточнее Альфарада. Другое созвездие, Чаша (Crater), расположено к северо-западу

от Гидры, а к западу от нее находится заметная группа звезд четырехугольной формы, образующая созвездие Ворон (Corvus).

В этой области неба весьма примечательна группа звезд, получившая название «Фальшивый Крест»; в нее входят звезды из созвездий Парус (Vela, Vel) и Киль (Carina, Car). Одно направление этого «Креста», образованное Car и Vel, указывает на замечательную двойную звезду Vel, расположенную севернее, и далее тянется к Кормы; другая часть «Креста» состоит из звезд первой величины Паруса и оранжевой Паруса, находящейся севернее.

Май, июнь, июль

Если самые яркие звезды Сириус, Канопус и Центавра лежат в Южном полушарии, то четвертая по яркости звезда Арктур (Boo), имеющая звездную величину 0,0^m, находится в хорошо заметном созвездии Волопас (Bootes, Boo). Арктур легко найти, если продолжить примерно на 30° вниз, к экватору, слегка изогнутую линию, соединяющую две крайние звезды «хвоста» Большой Медведицы. Созвездие Волопас примечательно P-образным расположением сравнительно ярких звезд, лежащих к северу и востоку от Арктура. Среди них самая яркая — Ицар (Boo), довольно хорошо изученная двойная. Продолжая ту же линию, мы придем от Арктура к Спике (Девы), расположенной несколько южнее эклиптики, а следуя вдоль дуги далее, обнаружим четыре главные звезды созвездия Ворон (Corvus, Crv). Довольно большое созвездие Дева (Virgo, Vir) раскинулось по обе стороны от небесного экватора и, кроме Спики, не содержит звезд ярче третьей величины. Почти прямо к югу от Денеболы (Leo) находится (Vir); само же созвездие Дева нетрудно обнаружить по группе звезд третьей и четвертой величины, расположенных в форме четырехугольника ниже и восточнее Арктура.

Созвездие Весы (Libra, Lib) лежит южнее Спики, причем самая яркая звезда этого созвездия (Lib) вместе со Спикой и Арктуром на западе образует почти правильный треугольник. Более слабая звезда третьей величины Lib, расположенная к юго-западу от Lib, находится почти на эклиптике. К западу от Весов вытянуло свои «клешни» созвездие Скорпион (Scorpius, Sco).

На севере видна единственная яркая звезда небольшого созвездия Гончие Псы (Canes Venatici, CVn), которая расположена изолированно в центре дуги, описываемой «хвостом» Большой Медведицы. Южнее находится слабое созвездие Волосы Вероники (Coma Berenices, Com), которое, как и созвездие Дева, включает большое число далеких галактик.

К востоку от Волопаса лежит почти идеальное кольцо звезд, образующее созвездие Северная Корона (Corona Borealis, CrB). В этом весьма заметном созвездии находится звезда первой величины Гемма (CrB) и очень интересная переменная звезда R Северной Короны. Вниз, к югу, тянется ломаная линия звезд, образующая «голову» Змеи (Serpens Caput), — часть созвездия Змея (Serpens).

Севернее Южного Креста и двух ярких звезд и Центавра расположены другие яркие звезды этого созвездия. Они образуют фигуру, напоминающую по форме пятиугольник, который лежит южнее «хвоста» Гидры. В этой части созвездия Гидры находятся всего две сравнительно яркие звезды и переменная звезда R Нуа, яркость которой временами слегка превышает четвертую звездную величину. Рядом, в созвездии Центавра, расположено одно из ярчайших шаровых скоплений нашего неба — Центавра. К востоку от созвездия Центавра лежит неправильное, слегка напоминающее прямоугольник созвездие Волк (Lupus), звезды которого по блеску не ярче третьей величины. Это созвездие тянется в направлении ярко-красного Антареса (Sco) — наиболее заметной звезды в этой области неба.

Июль, август, сентябрь

В этот период в экваториальной части неба на севере прежде всего обращает на себя внимание группа звезд под названием «Летний Треугольник», образованный Вегой (Лиры), Денебом (Лебеда) и Альтаиром (Орла), а на юге — это звезды созвездий Скорпион и Стрелец (Sagittarius, Sgr). Через них проходит наиболее яркая, особенно на юге, часть Млечного Пути. Бросается в глаза большой крест созвездия Лебедь (Cygnus, Cyg) с замечательной телескопической двойной звездой Альбирео (Cyg). Линия, проходящая через Денеб и Альбирео, указывает на юг вдоль «Большого Провала» в Млечном Пути. К югу от «Провала» на экваторе расположено созвездие Орел (Aquila, Aql), по форме напоминающее букву «Т».

Небольшое созвездие Лира (Lyra, Lyr) состоит из яркой звезды Веги и расположенного к юго-востоку «параллелограмма» из слабых звезд. Чуть к северу и восточнее Веги находится известная «двойная» Лур — хорошо различимая невооруженным глазом широкая пара звезд, каждая из которых при наблюдении в телескоп также «распадается» на две. К западу между Лирой и Северной Коронай видны четыре звезды «Клина», представляющего собой часть созвездия Геркулес (Hercules, Her), «руки» и «ноги» которого «растут» из углов «Клина». Между двумя западными звездами «Клина» расположено шаровое скопление звезд 13, которое невооруженный глаз различает лишь как туманное пятнышко. Среди слабых звезд этого созвездия выделяется звезда третьей величины Рас-Альгети (Her), расположенная к югу в «голове» Геркулеса. Это двойная звезда, причем одна из ее составляющих — переменная. Рас-Альгети расположена рядом с более яркой звездой Змееносца (Рас-Альхаге).

Созвездие Змееносец (Ophiuchus, Oph), отдаленно напоминающее пятиугольник, простирается поперек экватора и эклиптики. Оно делит цепочку звезд созвездия Змея на «голову» (на западе) и «хвост» (на востоке).

«Туловище» Скорпиона с красным Антаресом и цепочкой ярких звезд «хвоста», вонзенного в Млечный Путь, — заметное созвездие южного неба. «Клешни» Скорпиона в настоящее время образуют созвездие Весы (Libra), расположенное западнее.

Основная часть звезд созвездия Стрелец также лежит в Млечном Пути, восточнее Антареса — здесь расположен центр нашей Галактики. Это созвездие, за исключением центральной части, известной под названием «Чайник», различить довольно трудно. К югу лежит созвездие Южная Корона (Corona Australis); оно не столь выразительно и менее заметно, чем Северная Корона. Еще далее к югу расположено совсем слабое созвездие Телескоп (Telescopium).

Едва различимое созвездие Щит (Scutum) со скоплением звезд «Дикий Герцог» (M11) лежит в центре Млечного Пути между Стрельцом и Орлом. Еще севернее между Орлом и Лебедем находится очень маленькое созвездие Стрела (Sagitta) и несколько более крупное созвездие Лисичка (Vulpecula). Восточнее расположена довольно заметная небольшая группа звезд созвездия Дельфин (Delphinus).

Сентябрь, октябрь, ноябрь

Если продолжить линию, направленную вдоль юго-восточного «крыла» созвездия Лебедь, то она укажет на Маркаб (Пегаса), одну из четырех звезд «Большого Квадрата Пегаса». В действительности он скорее похож на слегка перекошенный прямоугольник, самая короткая сторона которого протянулась точно с севера на юг. (Если продлить линию, соединяющую и Большой Медведицы, через полюс, то она пройдет через и Пегаса.) На самом деле звезда в северо-восточном углу «Большого Квадрата Пегаса» относится к созвездию Андромеда: это Андромеды (Альферрац). Остальные звезды принадлежат созвездию Пегаса (Pegasus, Peg). Яркая звезда этого созвездия Пегаса лежит на полпути

между Маркабом (Peg) и Альтаиром (Aql). Между Peg и Млечным Путем расположены совсем небольшое созвездие Малый Конь (Equuleus) и более заметное Дельфин (Delfinus).

Южнее и восточнее Пегаса лежит созвездие Рыбы, напоминающее по очертаниям пару связанных вместе рыбин. Маленький кружок западной «рыбы» расположен немного севернее экватора. Значительно дальше к северу между Лебедем и Кассиопеей расположено небольшое зигзагообразное созвездие Ящерица (Lacerta) которое пересекает границу Млечного Пути.

Продолжая линию, связывающую Cуг (Альбирео) в Лебеде и Альтаир, увидим довольно слабую визуальную двойную систему Cap и несколько более яркую звезду Cap (Capricornus, Cap) и лежащее к востоку от него созвездие Водолей (Aquarius, Aqr) состоят из слабых звезд, в расположении которых трудно усмотреть какой-либо отчетливый рисунок. Единственной заметной линией в этой области неба является цепочка звёзд Cap, и Aqr; от двух последних под прямым углом к линии расходятся прямые, соединяющие Aqr и Cap. К востоку от Aqr расположена небольшая, но заметная Y-образная группа звёзд, которую чаще называют просто «Y Водолея». С античных времен, когда это созвездие изображали в виде мужчины, несущего воду в кувшине, за данной группой звезд сохранилось название «Кувшин». Заканчивается это созвездие неправильной цепочкой слабых звезд, протянувшихся к юго-востоку от Aqr.

Дальше к югу лежит созвездие Южная Рыба (Piscis Austrinus, PsA) с яркой звездой Фомальгаут (PsA). Группа ярких звёзд — PsA, , и созвездия Журавль (Gruis) — на небе образуют четырёхугольник по форме напоминающий воздушный змей. Две последние звезды лежат на одной линии с Индейца, расположенной западнее. Между этой звездой и южной частью созвездия Козерог находится небольшое и совсем неприметное созвездие Микроскоп (Microscopium, наиболее яркие звезды, и , лишь немного превышают пятую звездную величину. К востоку от Фомальгаута лежит другое слабое созвездие — Скульптор (Sculptor, Scl), самая яркая звезда которого Scl имеет звездную величину, несколько большую 4,5m.

Ноябрь, декабрь, январь

От вершины «Большого Квадрата Пегаса» в направлении на северо-восток вытянулась заметная цепочка из ярких звезд «тела» Андромеды (Andromeda, And) — , и And — Per и на довольно значительном расстоянии — Капелла (Aur). От And берет начало линия, образованная двумя слабыми звездами, которая указывает направление на созвездие Кассиопея; вторая из этих звезд, And, лежит вблизи туманности Андромеды (M31), которая при наблюдении невооруженным глазом предстает в виде туманного пятна. Далее к югу, в созвездии Треугольник (Triangulum), расположена другая гигантская спиральная галактика, M33. Некоторые наблюдатели утверждают, что при очень темном небе и благоприятных условиях ее удастся различить невооруженным глазом. Галактику M33 можно увидеть в бинокль, но в отличие от M31 довольно трудно наблюдать в небольшие телескопы-рефракторы; это объясняется ее сравнительно большими размерами и низкой поверхностной яркостью.

Созвездие Персей (Perseus, Per) не имеет четкой формы. Одна цепочка звезд, начинающаяся от Per, тянется далее в северо-западном направлении через , и Per. Примерно посередине между Per и Cas расположено известное двойное скопление звезд h и Персея, которое можно наблюдать невооруженным глазом. Идущая от Per короткая линия звезд, направленная на юг, с небольшим изгибом на восток, ведет к известной затменно-переменной звезде Алголь (Per) и другой переменной звезде, Per. Другая линия звезд, начинающаяся от Cas и продолжающаяся в направлении на юг, слегка загибаясь к востоку, оканчивается звездой третьей величины Per, которая расположена над скоплением Плеяды.

К юго-востоку от и And лежат два небольших созвездия: Треугольник и содержащее

более яркие звезды созвездия Овен (Aries, Ari). Цепочка слабых звезд, протянувшаяся в юго-восточном направлении от And к звезде четвертой величины Psc (Альриша), лежащей несколько севернее экватора, представляет собой астеризм «Восточная Рыба» — часть созвездия Рыбы. Немного дальше и южнее экватора расположена другая важная переменная звезда Мира (о Кита), которая в максимуме блеска достигает третьей величины (в среднем ее максимальная звездная величина равна примерно 4m). Восточная сторона «Большого Квадрата Пегаса» приблизительно указывает на треугольную «голову» созвездия Кит (Cetus, Get) и расположенную в ней яркую звезду второй величины Get. «Хвост» Кита начинается севернее экватора неподалеку от звезды третьей величины Get и соединяется с «головой» цепочкой звезд четвертой величины.

В южной части неба самые заметные звезды принадлежат созвездию Феникс (Phoenix, Phe) — это α и Phe и созвездию Эридан с группой звезд третьей величины; δ 1, ϵ и Eri и яркой звездой Ахернар (ϵ Eri), расположенной ближе к Южному полюсу мира. Между этими созвездиями и созвездием Кит расположены едва различимые группы звезд созвездий Скульптор (Sculptor) и Печь (Fornax). Последнее в основном представлено треугольником звезд звездной величины 4m и 4,5m, лежащим на излучине «реки» Эридан. Самое непримечательное созвездие в этой части неба — Часы (Horologium, Hor), которое протянулось почти параллельно южной оконечности созвездия Эридан и далее на юго-запад; в северо-западном конце этого созвездия находится единственная яркая звезда четвертой величины — Hor.

Созвездия вблизи Южного полюса мира

Астрономам Южного полушария Земли явно не повезло, поскольку вблизи Южного полюса мира нет ни одной яркой звезды, по которой можно было бы легко ориентироваться. Однако в окрестностях Южного полюса разбросано много отдельных ярких звезд и целые группы их; более того, в этой части неба проходит значительная и наиболее яркая часть Млечного Пути, а также два ярких объекта — Большое и Малое Магеллановы Облака.

Три звезды первой звездной величины и две звезды третьей величины образуют весьма заметное по очертаниям созвездие Южный Крест. Рядом с ним находится темная туманность под названием Угольный Мешок. Новички и наблюдатели Северного полушария не должны путать это созвездие с «Фальшивым Крестом» — группой звезд второй величины, расположенной несколько дальше вдоль Млечного Пути. «Фальшивый Крест» образован четырьмя звездами, принадлежащими разным созвездиям: α и Паруса, δ и Киля; которые восходят на три-четыре часа раньше самого Южного Креста.

«Подпорка» Южного Креста направлена приблизительно на Южный полюс мира, а ближе к полюсу проходит линия, соединяющая δ с центром Малого Магелланова Облака (ММО). На этой линии неподалеку от Южного Креста расположена группа звезд третьей и четвертой звездных величин, относящихся к созвездию Муха (Musca, Mus). Линия между полюсом и Малым Магеллановым Облаком образует основание равнобедренного треугольника, в вершине которого находится Большое Магелланово Облако (БМО).

Две яркие звезды α и β Cen, которые не спутаешь с другими звездами, восходят позднее созвездия Южный Крест (ближе к нему расположена β Cen). К северо-западу, на линии, проходящей через α Cen и звезду второй величины β Cen (удаленную примерно на 18° от β Cen), расположено яркое шаровое скопление ω Cen. Далее цепочка звезд созвездия Центавр изгибается к северу и, окружая Южный Крест, образует неправильный пятиугольник.

Южнее α и β Cen находится созвездие Южный Треугольник, которое значительно ярче и больше своего северного двойника (созвездия Треугольник). Между этими созвездиями лежит слабое созвездие Циркуль (Circinus, Cir) с единственной яркой звездой третьей величины α Cir. Созвездие Жертвенник (Ara), состоящее из звезд третьей величины, разместилось между созвездиями Южный Треугольник и «хвостом» Скорпиона.

Хотя многие созвездия в этой области неба содержат по несколько ярких звезд, все же

наиболее заметна здесь группа звезд, похожая на неправильный прямоугольник, в вершинах которого находятся ярчайшие звезды различных созвездий: Павлина (Pavonis), Индейца (Indi), Южного Креста (Crucis) и Тукана (Tucanae). Звезда третьей величины Индейца заключена между двумя из этих звезд с одной стороны и несколько более удаленной Южного Креста-с другой. Позднее восходит треугольник звезд , и созвездия Феникс (Phoenix).

В созвездии Тукан (Tucana, Tuc) находятся Малое Магелланово Облако и яркое, различимое невооруженным глазом шаровое скопление 47 Тис. ММО расположено ближе к полюсу между звездами Ахернар (Eri) и γ . Группа звезд третьей величины из созвездия Южная Гидра образует треугольник, северная вершина которого находится рядом с Ахернаром. К северу вытянулась другая заметная цепочка сравнительно ярких звезд: Нуи, Сетки (Reticuli) и Золотой Рыбы (Doradus).

Двигаясь вокруг полюса за пределами Большого Магелланова Облака, мы возвращаемся к созвездию Киль, где самой заметной звездой является Канопус, и к группе звезд «Фальшивого Креста», к югу от которого находится звезда второй величины Саг (Миапладиус). Как уже говорилось, короткая «перекладина» «Фальшивого Креста» указывает на замечательную двойную Парусов, две другие его звезды, и , также относятся к созвездию Паруса.

«Загадочные» небесные явления

Иногда на небе можно наблюдать необычные явления, которым не сразу удастся найти разумное объяснение. Если это не Солнце, не Луна и не звезды, да к тому же что-то движущееся, меняющее свою яркость и цвет, то многие люди, не искушенные в наблюдениях, склонны отнести неведомое явление к категории «неопознанных летающих объектов». Даже астрономы порой находят немало причин, которые на какое-то время вводят их в заблуждение относительно природы того или иного «необычного» явления. Однако тщательные наблюдения и способность немного пораскинуть мозгами обычно позволяют найти естественное объяснение «необычным» явлениям.

Даже достаточно хорошо ориентируясь среди созвездий, вы можете случайно забыть точное положение той или иной звезды в них. Некоторую путаницу в картину расположения звезд могут вносить переменные звезды, а также появление, пусть редкое, новых звезд. Определенную неразбериху могут создать и планеты, но с ними разобраться гораздо легче, так как они наблюдаются вблизи эклиптики и даже для невооруженного глаза, как правило, выглядят более постоянными объектами на небе, чем звезды. Яркими объектами могут выглядеть и самолеты, летящие с включенными посадочными огнями, причем если они движутся на наблюдателя, то какое-то время кажутся даже неподвижными. Перед восходом или после захода Солнца удастся наблюдать также метеорологические шары-зонды, причем длительные наблюдения позволяют заметить их перемещение. Ночью они обычно не видны.



Рис. 23. Вход спутника в атмосферу сопровождается вспышкой света, очень похожей на яркий болид.

Таблица №4

Идентификация наблюдаемых объектов

Вспыхивающие огни
Изменения цвета
Быстрая точечная вспышка света
Устойчивый неопознанный точечный источник света
Пятна света
Движущиеся объекты
Объекты, медленно перемещающиеся по небу в течение нескольких секунд
Объекты (обычно спутники), медленно извивающиеся вдоль траектории
Мерцание; зрительные эффекты

При наблюдении отдельных звезд создается впечатление, что они слегка перемещаются. Нередко это связано с явлением мерцания, но чаще объясняется оптической иллюзией, от которой не избавлен никто. Конечно, многие небесные тела действительно перемещаются среди звезд: планеты — медленно, Луна — несколько быстрее. Малые планеты, или астероиды, как правило, медленно меняют свое положение от ночи к ночи, но, находясь вблизи Земли, могут двигаться значительно быстрее. Более быстро перемещаются по небу воздушные шары, самолеты (чаще всего снабженные цветными и мигающими огнями) и спутники; их видимое перемещение существенно зависит от широты и расстояния до них. Искусственные спутники перемещаются по небу значительно медленнее метеоров и болидов, хотя их видимая скорость зависит от высоты орбиты (исключение составляют геостационарные спутники). Кроме того, спутники часто исчезают, попадая в тень Земли (и появляются вновь, выходя из нее). При вхождении в атмосферу Земли возникает вспышка света, похожая на болид, но она перемещается гораздо медленнее. И наконец, иллюзию слабого метеора могут создавать ночные птицы, если они, стремительно проносясь низко над Землей, попадают в полосу света.

«Появление на небе светящихся туманных образований можно объяснить различными причинами в зависимости от их размеров. Зодиакальный свет может наблюдаться только вдоль эклиптики над восточной или западной частью горизонта. Полярное сияние, особенно

на самой начальной стадии, порой принимают за облако, освещенное далеким источником света. Настоящие серебристые облака имеют очень специфический вид и появляются только вблизи полуночи. Запуски ракет и искусственные выбросы веществ в целях исследования атмосферы вызывают цветное свечение, напоминающее картину полярных сияний. В бинокли и телескопы скопления звезд, галактики, газовые и пылевые туманности и редко появляющиеся кометы также видны как небольшие туманные пятна.

Быстрое изменение цвета звезд обычно обусловлено мерцанием, которое наиболее заметно у звезд, расположенных низко над горизонтом. Рефракция может способствовать возникновению цветной окантовки дисков планет, особенно если последние расположены низко над горизонтом.

Движение Луны и планет

Условия наблюдения Луны и планет зависят от местоположения наблюдателя на Земле. Так, в тропиках эти небесные тела могут иногда проходить через зенит, когда условия их наблюдения наиболее благоприятны. На других широтах видимость существенно зависит от времени года. Летом, когда высота Солнца максимальна, область зодиакальных созвездий, расположенная в противоположной от него части неба, находится очень низко над горизонтом, и поэтому её наблюдение особенно неблагоприятно. Наоборот, зимой противоположная Солнцу часть эклиптики лежит выше всего над горизонтом, и условия ее наблюдения наиболее благоприятны.

Так как плоскость орбит Луны и планет наклонены к плоскости земной орбиты, то их видимый путь среди звезд может проходить как выше, так и ниже эклиптики. Луна — очень яркий объект, на который все обращают внимание, поэтому даже неискушенные в наблюдениях люди часто замечают небольшие изменения ее высоты, связанные с тем, что видимый путь Луны среди звезд может проходить почти на 5° выше или ниже эклиптики. Медленное перемещение (примерно на видимый диаметр в час) Луны среди звезд на восток против суточного движения звездного неба незаметно для невооруженного глаза, но легко различимо даже в небольшой телескоп.

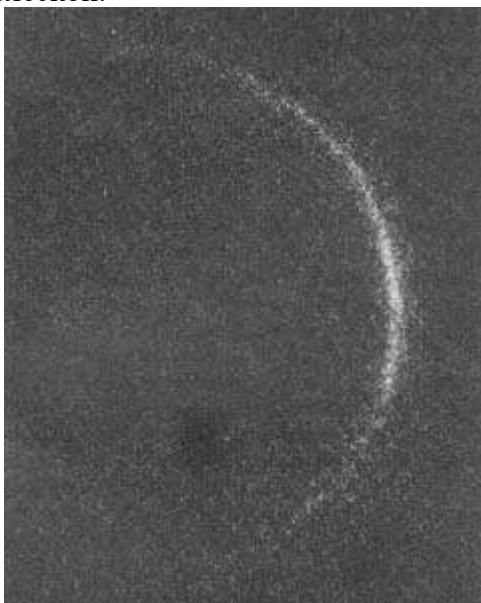


Рис. 24. Фотография Венеры, полученная 12 июня 1980 г., когда планета находилась вблизи нижнего соединения на расстоянии $4,5^\circ$ от Солнца.

Самые благоприятные условия для наблюдения небесного тела наступают во время противостояния, когда оно находится в противоположной от Солнца стороне небесной сферы. Внутренние планеты Меркурий и Венера не могут находиться в противостоянии —

для них наиболее благоприятные условия наблюдений складываются в период их максимального удаления к востоку или западу от Солнца. Такое положение планет относительно Солнца называют восточной или западной элонгацией. При наблюдениях с Земли все планеты совершают медленное прямое движение среди звезд в восточном направлении, противоположном направлению суточного вращения небесной сферы. Но иногда планеты останавливаются, и затем меняют направление своего движения на противоположное, т.е. как бы пятятся назад. Это движение планет на запад называют попятным движением. У Меркурия и Венеры направление движения изменяется в восточной и западной элонгациях; остальные планеты меняют направление своего движения среди звезд в точках, лежащих вблизи точки противостояния по обе стороны от нее. В этой области планета описывает петлю или S-образную кривую в зависимости от положения относительно Земли. Аналогичная картина движения среди звезд наблюдается у астероидов и комет.

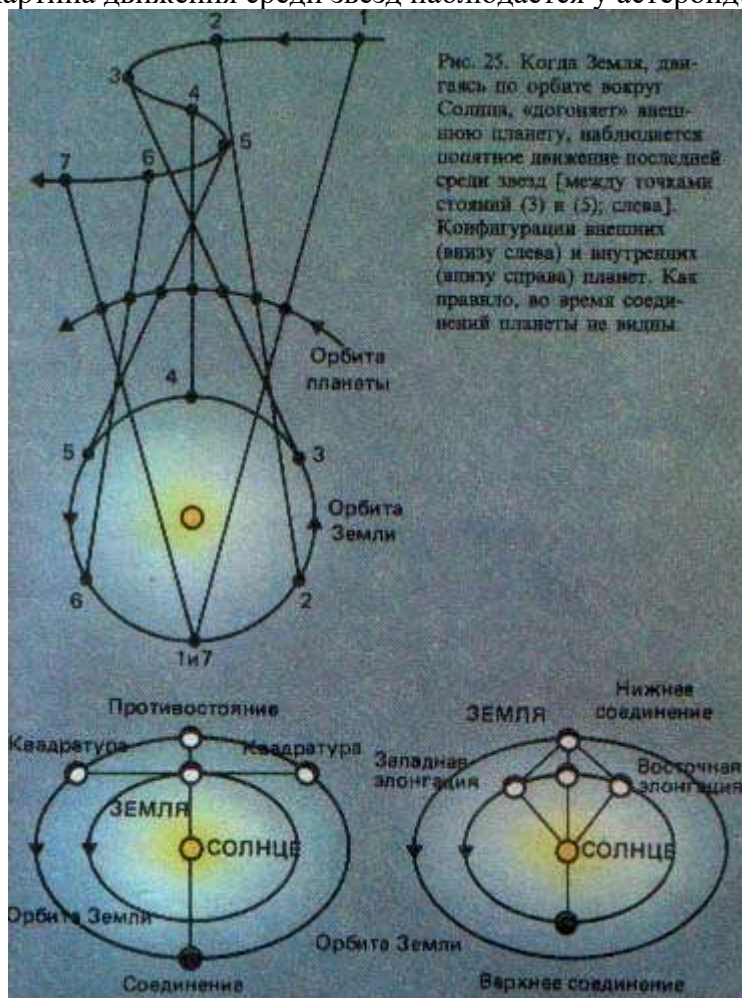


Рис. 25. Когда Земля, двигаясь по орбите вокруг Солнца, «догоняет» внешнюю планету, наблюдается попятное движение последней среди звезд [между точками стояний (3) и (5); слева]. Конфигурации внешних (внизу слева) и внутренних (внизу справа) планет. Как правило, во время соединений планеты не видны.

Рис. 25. Когда Земля, двигаясь по орбите вокруг Солнца, «догоняет» внешнюю планету, наблюдается попятное движение последней среди звезд [между точками стояний (3) и (5); слева]. Конфигурации внешних (внизу слева) и внутренних (внизу справа) планет. Как правило, во время соединений планеты не видны.

Почти все планеты, за исключением Венеры и, строго говоря, Урана, вращаются вокруг своей оси в том же направлении, что и Земля (если смотреть с Северного полюса мира, то против часовой стрелки). В том же направлении обращаются вокруг Солнца все планеты и большинство других тел Солнечной системы. Только несколько комет и некоторые естественные спутники обращаются вокруг Солнца и планет в противоположном направлении.

Все тела Солнечной системы (в том числе и Земля) движутся вокруг Солнца по

эллиптическим орбитам, то приближаясь к нему, то удаляясь. Ближайшая к Солнцу точка орбиты небесного тела называется перигелием, а самая удаленная — афелием. При движении планеты вокруг Солнца меняется также расстояние между ней и Землей. Когда планета находится наиболее близко к Земле, ее видимые размеры максимальны — в эти моменты планету лучше всего наблюдать. Благоприятные условия для наблюдения Марса наступают в период его противостояний. Видимые размеры Марса максимальны во время великих противостояний, когда Земля находится в афелии, а Марс — вблизи перигелия своей орбиты. Эти события могут происходить только в августе и сентябре, когда Марс расположен в южной части эклиптики. Поэтому наблюдатели Южного полушария всегда находятся в более выгодных условиях при наблюдении Марса во время великих противостояний. Период времени, в течение которого планета видна, часто называют периодом видимости планеты. Вполне естественно, что он захватывает некоторый отрезок времени до и после противостояния или элонгации. В дальнейшем при описании условий видимости планет мы приводим даты противостояний и элонгации, а также приблизительные положения планет среди звезд в различные годы. Таблицы точных положений большинства планет, выраженных в небесных координатах, называются эфемеридами; как правило, они приводятся во всех астрономических ежегодниках.

Бинокли

Новичку мы рекомендуем воспользоваться для наблюдений биноклем. Он не только дешевле даже небольшого телескопа, но может послужить и для других целей. Бинокль дает прямое изображение звездного неба и небесных тел, которое удобнее сравнивать с картиной неба, видимой невооруженным глазом или представленной на звездных картах, тогда как телескоп строит перевернутое изображение. Широкое поле зрения, небольшое увеличение делают бинокли незаменимыми при изучении скоплений звезд, обзоре Млечного Пути, а также, например, при изучении кометных хвостов, которые недостаточно ярки, чтобы их наблюдать невооруженным глазом, но не различимы при наблюдениях в крупные телескопы с большим увеличением.

Объекты, наблюдаемые в бинокль

- Искусственные спутники
- Луна
- Яркие астероиды
- Спутники Юпитера
- Уран
- Кометы
- Переменные звёзды
- Двойные звёзды
- Звёздные скопления
- Млечный путь
- Галактики

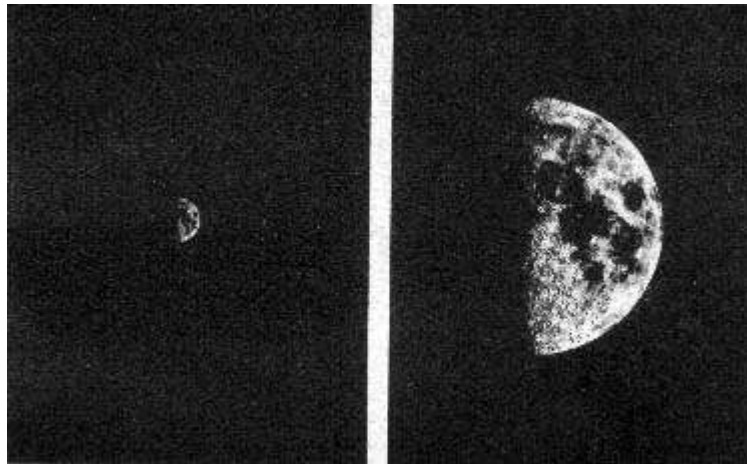


Рис. 26. Вид Луны при наблюдении невооружённым глазом (слева) и в бинокль (с увеличением в 7 раз, справа). Такой бинокль позволяет различить основные крупные детали лунной поверхности, поэтому мы рекомендуем воспользоваться им астрономам-любителям, приступающим к изучению Луны.

Выбор биноклей

Если у вас под рукой окажется даже старый театральный бинокль с небольшим увеличением, то и он на определенном этапе полезен для наблюдения Млечного Пути. Однако для серьезных наблюдений лучше приобрести призмальный бинокль. При покупке обращайте внимание не только на цену, но и на характеристики бинокля. Наиболее важными из них являются увеличение и апертура (т.е. диаметр объектива, который обычно выражают в миллиметрах). Обычно эти характеристики отмечены на корпусе в виде двух цифр, например «8 x 40», что означает: увеличение 8, а апертура 40 мм.

Для проведения самых общих наблюдений вполне подойдет бинокль с апертурой 40-50 мм, хотя чем она больше, тем более слабые звезды удастся увидеть. Многие наблюдения желательно проводить в крупные бинокли с апертурой свыше 50 мм, правда, из-за большого веса их требуется жестко закрепить с помощью специальных приспособлений.

В любом инструменте выходной зрачок (диаметр светового пучка, выходящего из окуляра) не должен превышать размеры глазного зрачка, диаметр которого в темноте составляет около 7-8 мм; в противном случае часть света, собранная объективом, не попадает в глаз. Обычные бинокли, имеющиеся в продаже, дают небольшое увеличение, а их выходной зрачок превышает 8 мм. Диаметр выходного зрачка можно определить, поделив апертуру бинокля на его увеличение; например, бинокль 7 x 50 имеет выходной зрачок чуть больше 7 мм и вполне пригоден для наблюдений. Бинокли с выходным зрачком менее 5 мм обеспечивают большее увеличение, но при наблюдениях они требуют жесткого крепления. Их целесообразнее использовать в дневное время. Методы измерения увеличения и поля зрения бинокля приводятся на с. 82. Для большинства биноклей с малым увеличением поле зрения составляет 5-7°.

Использование биноклей с большим увеличением особенно полезно при наблюдении в местах с высокой освещенностью неба, так как маленькое поле зрения таких биноклей уменьшает количество попадающего в них постороннего света. Однако маленькое поле зрения затрудняет поиск небесных тел на небе. Но вместе с тем большое увеличение дает вам возможность довольно легко наблюдать спутники Юпитера, двойные звезды и многие звездные скопления. По-видимому, самый существенный недостаток биноклей с большим увеличением — трудность пользования ими: любой бинокль с увеличением более x 10 и даже x 8 требует специальной монтровки. (Бинокли, в которых предусмотрено непрерывное изменение увеличения и которые отличаются сложной оптикой и большими потерями света,

не рекомендуются для астрономических наблюдений.)

Вообще говоря, более дорогие бинокли прочнее, имеют более жесткое крепление призм и потому менее подвержены разъюстировке. Конечно, предпочтительнее бинокли с индивидуальной фокусировкой каждого окуляра, но они реже встречаются в продаже, чем бинокли с общей фокусировкой. В биноклях луч света претерпевает не менее 8 отражений, поэтому для уменьшения потерь света при отражении поверхности стекол покрываются специальными тонкими пленками (так называемое просветление оптики).

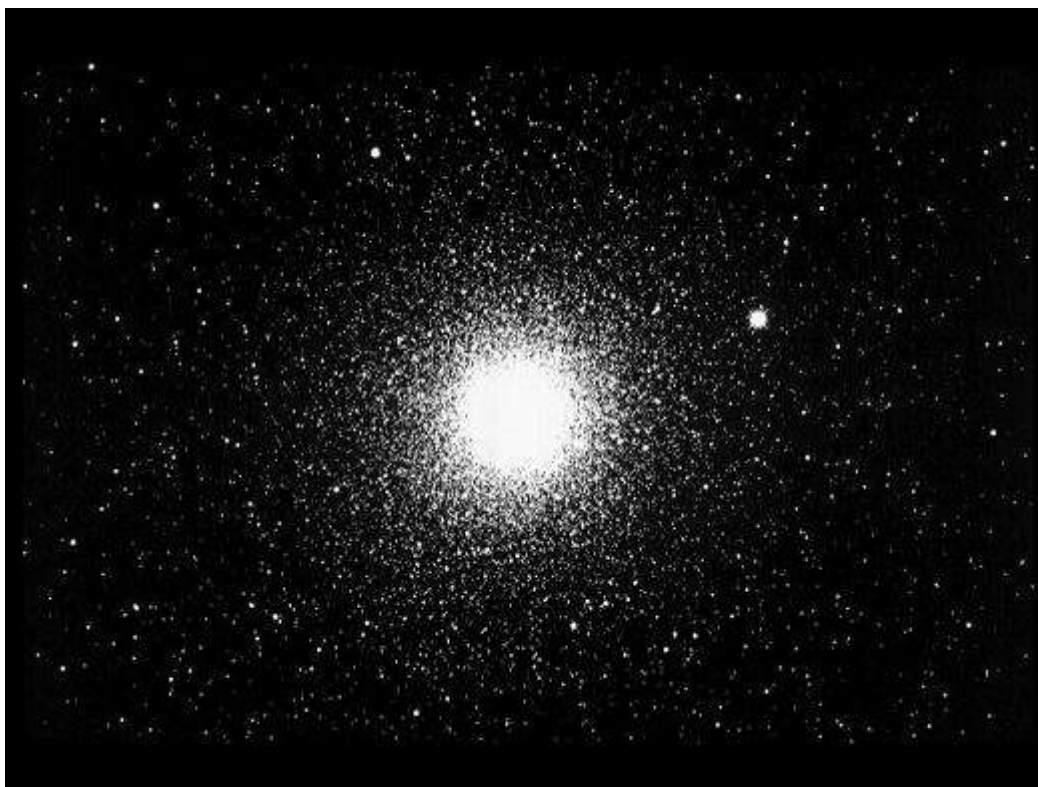


Рис. 27. Шаровое скопление M15 в созвездии Пегас. Для поиска и наблюдения многих подобных небесных объектов лучше всего воспользоваться биноклем.



Рис. 28. Благодаря своим малым размерам призмные бинокли очень удобны для

разнообразных астрономических наблюдений.

Проверка биноклей

Проверку качества биноклей можно проводить теми же методами, которые используются для оценки качества телескопов (с. 72). Прежде всего это относится к оценке хроматической аберрации, астигматизма, дисторсии и кривизны поля. Для начала постепенно отодвигайте бинокль от глаз на расстояние до 10 см — при этом изображение должно оставаться единственным, даже если вы на какое-то мгновение закроете глаза. На расстоянии около 30 см выходной зрачок бинокля должен быть виден как равномерно освещенная идеальная окружность. Это свидетельствует о том, что световой пучок полностью проходит через призмы бинокля. Необходимо проверить согласованность регулировки двух оптических систем бинокля, так как довольно часто они оказываются разрегулированными, что приводит к утомлению глаз и головным болям. Для проверки наличия просветляющих покрытий на оптических поверхностях посмотрите на изображение лампочки в отраженном от объектива и окуляра свете: если оно окрашено, то это означает, что покрытия имеются, если изображение не окрашено, они отсутствуют. Идеальный бинокль — вещь довольно редкая, так что не расстраивайтесь, обнаружив какие-то недостатки у своего старого и любимого бинокля.

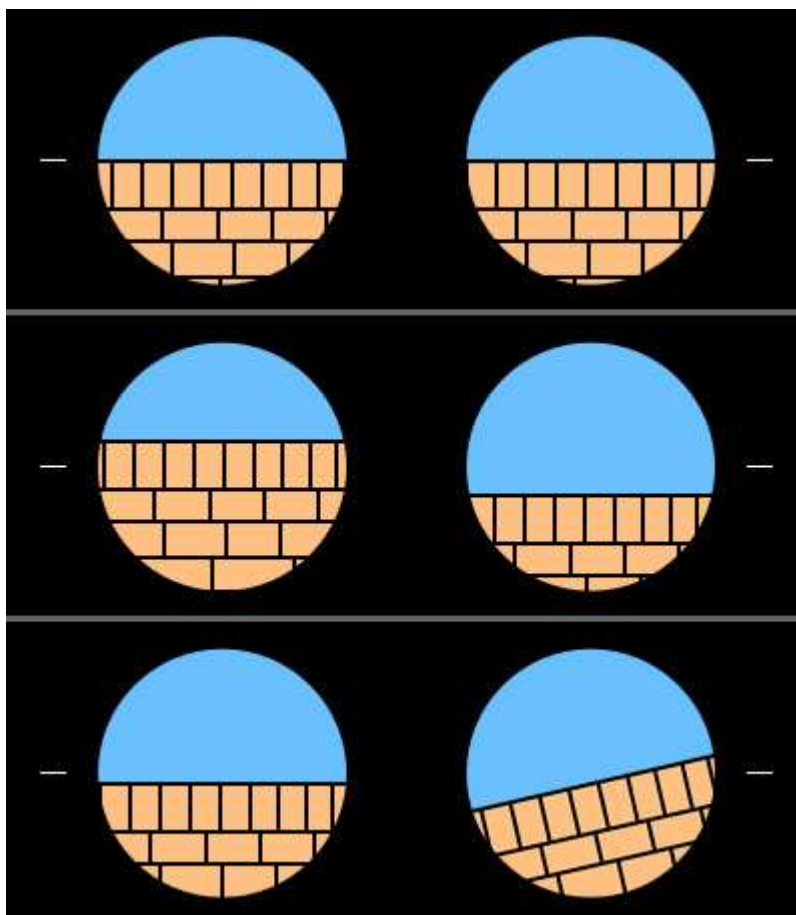


Рис. 29. Держа бинокль на некотором расстоянии от глаз, посмотрите в него на предмет с четкой прямой гранью: изображение этой грани должно быть прямым (вверху). Легким движением глаз вы без труда скомпенсируете небольшие вертикальные смещения изображения (средний рисунок). Поворот одного или обоих изображений может вызвать сильное переутомление глаз.

Наблюдения в бинокль

Как телескопы, имеющие жесткие монтировки, так и бинокли с жестким креплением позволяют наблюдать значительно более слабые звезды и более мелкие детали на небесных телах. Любая форма неподвижного крепления бинокля предпочтительнее, чем его отсутствие, поэтому в крайнем случае при наблюдениях бинокль можно закрепить на стене или прижать к стволу дерева. В качестве держателя можно приспособить треногу от фотоаппарата — правда, при этом трудно наблюдать светила, находящиеся высоко над горизонтом. Многие наблюдатели считают удобным проводить наблюдения, сидя в обычном откидном кресле с подлокотниками. Желательно такое крепление бинокля, которое освободило бы вам руки.



Рис. 30. Изготовить удобное кресло для наблюдений в бинокль — дело довольно простое. Крепление бинокля должно быть жестким, но допускающим плавную регулировку.

Любой посторонний свет мешает наблюдениям; чтобы избавиться от него, необходимо изготовить защитные резиновые прокладки к окулярам. Такие прокладки полезны в любом случае. Чтобы объективы не запотевали, воспользуйтесь противоросянником; с окулярами подобное случается довольно редко, но здесь бороться с этим неприятным явлением весьма сложно.

Таблица №5

Объекты, наблюдаемые в бинокль

Сокращенное латинское название	Наименование по каталогу	
CVn	M51	«Водо
Ori	θ	«Трап
Peg	M15	
Pup	M46	
Sco	M4	
Sco	M6	
Sco	M7	
Sgr	M8	«Лагу
Scu	M11	«Дикая
Tri	M33	

Телескопы

Астрономы-любители при наблюдениях используют в основном телескопы двух традиционных типов. Это — рефракторы, в которых для построения изображения применяются линзы (или, как их часто называют, объективные стекла) и рефлекторы, где для этих целей служит зеркало. Иногда для построения изображения используют катадиоптрические системы, представляющие собой комбинации нескольких линз и зеркал. Основной частью любого телескопа, которая строит изображение, является объектив. От его характеристик — апертуры D , фокусного расстояния/и фокального отношения f/D — зависит диапазон наблюдений, которые позволяет проводить данный телескоп. Разумеется, телескопы с широкой апертурой (с большим диаметром объектива) предпочтительней, так как они имеют большую собирающую (свет) поверхность, обладают высокой разрешающей способностью и обеспечивают значительное увеличение. Однако телескопы с большой апертурой, к какому бы типу они не относились, более дороги и громоздки.

Собирающая поверхность и разрешающая способность телескопов

Самой важной характеристикой как телескопа, так и бинокля является апертура (D) — диаметр объектива. Апертура определяет размеры собирающей поверхности, площадь которой пропорциональна квадрату диаметра. Чем больше собирающая поверхность прибора, тем более слабый объект он позволяет наблюдать. Таким образом, от квадрата диаметра объектива зависит предельная звездная величина объекта, который можно наблюдать в данный телескоп.



Рис. 31. Открытая труба наиболее часто используется в телескопах-рефлекторах; примером может служить изображенный здесь 400-миллиметровый (16 дюймов) телескоп-рефлектор системы Ньютона.

Следующая важная характеристика телескопа — разрешающая способность, т. е. способность различать мельчайшие образования на дисках планет или двойные звезды. Если диаметр объектива измерять в миллиметрах, то разрешающая способность, выраженная в секундах дуги, определяется величиной $138/D$. Для длиннофокусных объективов с фокальным отношением более $f/12$ ¹ разрешающая способность несколько выше и определяется по формуле $116/D$. Несколько меньшая разрешающая способность рефлекторов и катадиоптрических телескопов по сравнению с телескопами-рефракторами при том же диаметре объектива частично обусловлена экранировкой центральной части светового пучка, прошедшего через объектив. Качество изображения, особенно у телескопов-рефлекторов, может также сильно пострадать из-за потоков воздуха, возникающих в трубе телескопа.

Телескопы-рефракторы

Объектив телескопа-рефрактора представляет собой ахроматическую систему, склеенную из нескольких линз, которая собирает лучи различных длин волн в один фокус. Обычно фокальные отношения любительских рефракторов меньше $f/10$ или $f/12$, так как более короткофокусные ахроматические объективы очень дороги. Поэтому рефракторы лучше использовать при наблюдениях, для которых требуются большие фокальные отношения, довольно большие увеличения и ограниченное поле зрения. Для серьезных наблюдений необходимо применять телескопы с апертурой не менее 75 мм. Конечно, можно проводить наблюдения и в телескопы с меньшими апертурами, однако при этом следует помнить, особенно начинающим, что такие наблюдения сопряжены с большими трудностями; по этой причине наблюдения в хороший бинокль могут оказаться более результативными, чем в телескоп с малой апертурой. В отличие от телескопов других типов в рефракторах отсутствуют потери, обусловленные частичной экранировкой пучка света промежуточными зеркалами, тем не менее при наблюдениях, как правило, используются рефракторы с объективами диаметром менее 100 мм. Реже встречаются крупные рефракторы с апертурами свыше 150 мм, так как они довольно дороги и громоздки.

¹ Величина $f/12$ означает, что фокальное отношение $f/D = 12$. В отечественной литературе принята другая характеристика — светосила, которая обратна фокальному отношению. — *Прим. ред.*

Телескопы-рефлекторы

Большинство любительских телескопов-рефлекторов имеет фокальные отношения $f/6$ — $f/8$; по сравнению с рефракторами они удобнее при наблюдениях, для которых требуются более широкое поле зрения и меньшее увеличение. Телескопы-рефлекторы бывают разных типов. В практике любительских наблюдений чаще всего используются рефлекторы двух типов: системы Ньютона и системы Кассегрена. В телескопе системы Ньютона вторичное зеркало плоское, поэтому фокусное расстояние и фокальное отношение объектива постоянны. В телескопе системы Кассегрена вторичное зеркало выпуклое, что значительно увеличивает общее фокусное расстояние телескопа и тем самым изменяет его эффективное фокальное отношение. По этой причине рефлекторы системы Кассегрена находят применение при наблюдениях того же типа, что и телескопы-рефракторы.

Самое большое преимущество рефлекторов — их низкая стоимость; при той же апертуре они значительно дешевле телескопов любого другого типа. Кроме того, нужное зеркало для объектива рефлектора можно изготовить собственными силами или в крайнем случае — просто купить, а трубу такого телескопа нетрудно собрать в домашних условиях. (Хотя оправу оптической системы телескопа и называют трубой, она чаще всего абсолютно не похожа на нее.) Практически все любительские телескопы с большой собирающей поверхностью (диаметры объектива свыше 200 мм) являются рефлекторами. Минимальный диаметр объектива рефлекторов, которые обычно используют для общих наблюдений, составляет около 150 мм; такой рефлектор стоит не дороже рефрактора с объективом диаметром 75 мм. Поскольку рефлектор имеет большую собирающую поверхность, в него можно наблюдать более слабые объекты, однако он не столь компактен, как рефрактор. Рефлекторы меньших размеров, имеющие малые фокальные отношения, по своим характеристикам занимают промежуточное положение между биноклями и обычными рефлекторами; к тому же они достаточно компактны.

Однако у рефлекторов есть и недостатки; наиболее существенные из них — необходимость время от времени обновлять отражающие, покрытия и юстировать оптические элементы. При отсутствии дорогостоящего оптического стекла, герметически закрывающего трубу рефлектора, приходится укрывать каждое зеркало телескопа крышкой или чехлом, чтобы воспрепятствовать проникновению пыли. При наблюдениях окуляр в телескопе системы Ньютона может оказаться в неудобном положении; чтобы избежать этого, следует предусмотреть возможность вращения трубы телескопа.



Рис. 32. В добсоновской монтировке телескопа-рефлектора системы Ньютона основание телескопа вращается вокруг центрального стержня, закрепленного на прочном фундаменте (вверху). Вторичное зеркало в рефлекторе системы Кассегрена (при короткой трубе телескопа) увеличивает его эффективное фокусное расстояние (средний рисунок). Хотя стандартный телескоп-рефрактор имеет фокальные отношения $f/10$ и $f/12$, он прост в обращении, компактен и транспортабелен (внизу).

Если труба рефлектора не закрыта герметически оптическим окном, то холодный наружный воздух, проникая в нее, создает там воздушные потоки, ухудшающие изображение. Весьма эффективным средством борьбы с этим недостатком может быть использование больших теплоизоляционных труб, но чаще для этой цели применяют «трубы» скелетной конструкции. К сожалению, в последнем случае возникают другие проблемы, связанные с потоками теплого воздуха от самого наблюдателя (так что при наблюдениях старайтесь одевать больше теплоизолирующей одежды!); кроме того, при этом увеличивается выпадение росы на оптические элементы. Поэтому большое значение приобретает правильная конструкция самой обсерватории.



Рис. 33. 75-миллиметровый (3 дюйма) ахроматический рефрактор, подобный изображенному здесь, наиболее удобен для различных астрономических наблюдений.

Катадиоптрическая система телескопов

Среди катадиоптрических телескопов наибольшее применение находят телескопы системы Максутова и Шмидта-Кассегрена. При данном фокусном расстоянии они более портативны и удобны при наблюдениях, особенно в соединении с разнообразными устройствами, обеспечивающими слежение за сложным движением небесных тел. Естественно, такие телескопы значительно дороже как рефракторов, так и рефлекторов того же размера. Катадиоптрические телескопы имеют большие фокальные отношения: $f/10$, $f/12$ и даже $f/15$, поэтому их можно использовать для выполнения тех же задач, которым служат рефракторы и рефлекторы системы Кассегрена.



Рис. 34. Катадиоптрический телескоп невелик по размерам, транспортабелен и удобен для проведения разнообразных наблюдений; на фотографии — телескоп с объективом диаметром 200 мм (8 дюймов).

Проверка телескопов и объективов

Ряд исследований качества оптики телескопа можно провести самостоятельно, но при этом следует помнить, что идеальных оптических систем не существует. Любая оптическая система искажает изображения, такие искажения называют абберациями. При изготовлении телескопа абберации стремятся свести к минимуму. Конкретные требования к величине допустимых аббераций зависят от характера исследований, для которых предназначен данный телескоп. Например, при изучении планет, двойных звезд и фотографировании небесных объектов требования к величине допустимых аббераций более высокие, чем при наблюдениях переменных звезд.

Хроматическая абберация, характерная в той или иной мере для биноклей, рефракторов и телескопов некоторых других типов, выражается в окрашивании изображения небесных тел. Она особенно заметна на резких границах между светлыми и темными областями, например на лимбах Луны, Венеры и т. д. Телескопы-рефлекторы не создают абберации такого типа.

Наличие дисторсии (искажения в изображении взаимного расположения звезд) можно

проверить, наблюдая изображение прямой линии или прямоугольной кладки кирпича в стене дома.

Проверьте, как ваш телескоп строит изображение точечного источника. По возможности это лучше делать в ночное время, исследуя изображение звезд. Такие проверки можно проводить и днем, наблюдая «искусственные звезды» (солнечный свет, отраженный далеким воздушным шаром) или любой другой точечный источник света. В хорошем телескопе изображение звезды находится точно в фокусе и имеет форму идеально круглого дифракционного диска. Эти изображения должны иметь форму идеального круга не только в фокусе, но и вне его. Их вытянутость свидетельствует о наличии астигматизма или деформации оптических элементов телескопа, которая может возникнуть из-за неправильного крепления. На кривизну поля указывает расфокусировка изображения звезды при перемещении ее от центра к краю поля зрения телескопа. Кривизна поля присуща большинству телескопов, но этот дефект в основном сказывается при фотографических наблюдениях. Другая аберрация, кома, проявляется в вытягивании изображения звезды (она принимает форму кометы) на краю поля зрения. Кома также присуща большинству телескопов, но более заметна в рефлекторах, чем в рефракторах.



Рис. 35. Для исследования областей неба, богатых звездами (такова окрестность и Центавра), необходимы большое увеличение и длительные экспозиции; это предъявляет повышенные требования к оптическим качествам астрономических инструментов.

Рис. 36. Оптические аберрации могут привести к сильным искажениям формы

изображений небесных тел на краю поля зрения телескопа; о характере таких искажений можно судить по данной фотографии, полученной методом аэрофотосъемки.

Проверки механических узлов телескопов и их монтаж в основном имеют общий характер. Для хорошей работы необходимо добиться жесткости конструкции как самой трубы телескопа, так и его монтажа. Лучше всего это достигается твердым креплением осей телескопа — каждая закрепляется на двух достаточно разнесенных опорах. Вращение вокруг осей должно быть плавным, а на экваториальных установках обе оси следует снабдить стопорными винтами. Все приводы, фокусирующая оправа окуляров и другие механизмы регулировки телескопа должны действовать без люфтов. Чтобы обеспечить точную соосность всех оптических систем телескопа, искатели (с. 80), гидирующие телескопы (с. 18) и сама монтаж телескопа должны иметь устройства для тонкой юстировки и крепления.

Правила пользования телескопом

Итак, вы вынесли телескоп на улицу и собираетесь приступить к наблюдениям. Не начинайте их до тех пор, пока температура телескопа не сравняется с температурой окружающего воздуха. Обычно это происходит минут через 15-20, качество изображения в течение этого промежутка времени очень плохое. Рефлекторы с их массивными зеркалами приходят в тепловое равновесие с окружающим воздухом значительно медленнее, но если их оптические системы достаточно совершенны, то, как показывает опыт, качественного изображения легко добиться простой фокусировкой. При визуальных наблюдениях последнее не представляет особой трудности, однако при фотографировании с большими экспозициями необходимо дождаться выравнивания температур.

От многих хлопот при подготовке телескопа к наблюдениям избавляет простое приспособление — так называемый противоросник; изготавливается он из любого теплоизолирующего материала. Противоросники необходимо использовать в рефлекторах и катадиоптрических телескопах (и даже в биноклях некоторых типов). Они представляют собой короткие полые цилиндры, укрепляемые перед объективом наподобие оправы линзы, но таким образом, чтобы не ограничивать поле зрения телескопа.

Одним из важных условий для проведения качественных наблюдений является чистота всех оптических поверхностей телескопа. Для защиты от пыли объектив рефрактора и открытый конец трубы рефлектора необходимо закрывать плотной крышкой, при этом для рефлекторов следует иметь плотные крышки на каждое зеркало телескопа. Нельзя закрывать оптические элементы крышками, пока с их поверхности не испарятся малейшие следы росы. Телескопы желательно хранить в специальном ящике, но, как правило, это нужно только для рефракторов и катадиоптрических телескопов. Окуляры должны быть съемными и храниться вместе с другими мелкими принадлежностями в плотных, предохраняющих от проникновения пыли и ударов коробках. Хотя этим часто и пренебрегают, но фокусирующее устройство телескопа также нужно защитить от проникновения пыли и насекомых, особенно пауков, которые предпочитают селиться в этой части телескопов. Нельзя прикасаться пальцами к оптическим поверхностям телескопа.

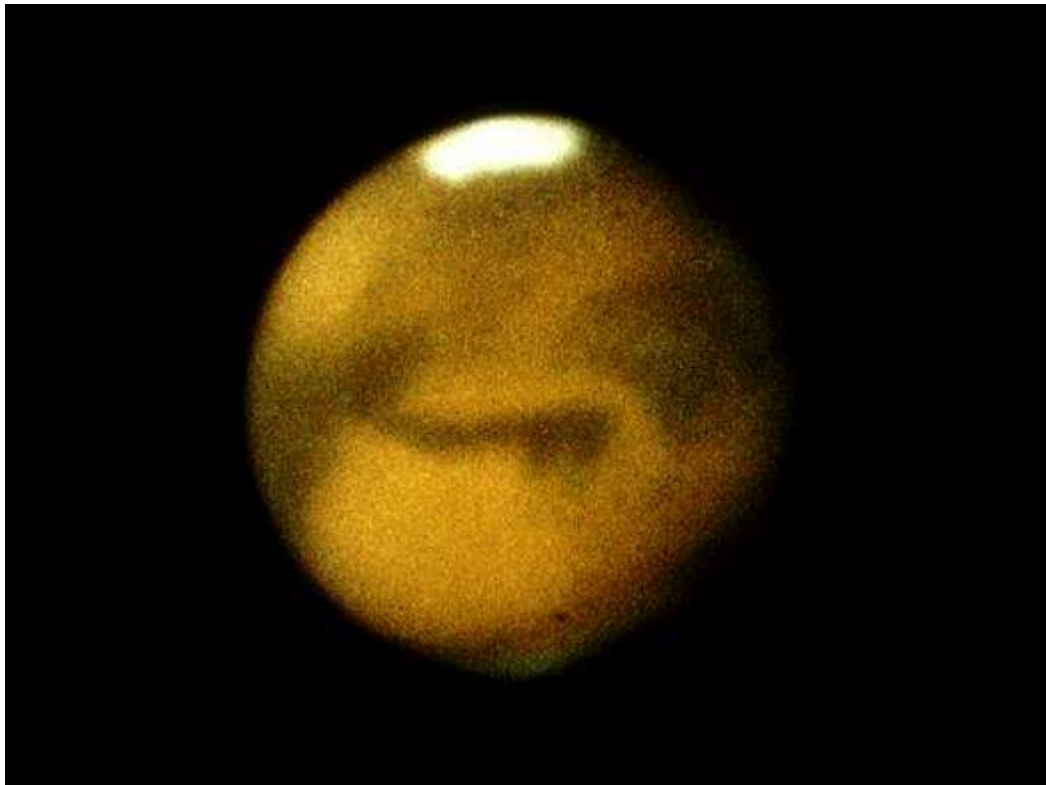


Рис. 37. Фотография Марса, полученная с помощью небольшого любительского катадиоптрического телескопа, показывает, каких результатов можно достичь при заботливом отношении к инструменту и тщательном проведении наблюдений.

Если вы выполните все перечисленные рекомендации, то не будет надобности часто очищать оптические поверхности от загрязнений. Обычно эту процедуру проводят не чаще одного раза в год. Следует помнить, что любая царапина наносит огромный вред оптическим поверхностям; даже явный налет пыли и слабые пятна меньше сказываются на качестве оптики, чем царапины. Проводить чистку оптических поверхностей рекомендуется только в крайнем случае — когда загрязнение настолько велико, что сказывается на качестве изображения. Помните, частая очистка оптических элементов телескопа приносит больше вреда, чем пользы!

Оптические части телескопа требуют особо осторожного обращения; наиболее уязвимы отражающие покрытия зеркал и просветляющие покрытия линз. Никогда не вытирайте пыль с оптической поверхности тканью, лучше сдувать ее специальным приспособлением или аккуратно сметать мягкой (фотографической) кисточкой. При сильном загрязнении линз с прочными покрытиями вначале удалите с их поверхностей пыль, а затем с помощью специальной мягкой ткани промойте их жидкостью для очистки оптических поверхностей. Следует отметить, что окулярные линзы меньше загрязняются, если их хранить в специальных ящиках. Неизбежны и более серьезные загрязнения оптических поверхностей, а также ухудшение качества отражательных покрытий; в этом случае их очистку (за исключением, быть может, удаления пыли) лучше поручить специалистам, а замену отражательного покрытия провести в специальных мастерских.

Различные типы монтировок телескопов

Один из простейших и самых дешевых способов монтировки телескопов — азимутальная установка, при которой вращение телескопа вокруг вертикальной и горизонтальной осей обеспечивает его наведение по азимуту и высоте небесного тела.

Однако при такой установке в процессе наведения телескопа в разные участки неба меняется ориентация его поля зрения, что затрудняет поиск слабых объектов, особенно в случае использования звездных карт. По мере накопления опыта на азимутальной установке можно с успехом проводить самые разнообразные наблюдения, за исключением фотографических.

Другая форма монтировки телескопа — экваториальная установка, при которой одна из его осей направлена параллельно оси мира (полярная ось), а другая — параллельно плоскости небесного экватора (ось склонения). Поворотом вокруг полярной оси со скоростью, соответствующей суточному вращению небесной сферы, можно автоматически следить за исследуемым объектом, что особенно важно при фотографических наблюдениях.

Одна из разновидностей экваториальной установки — вилочная конструкция, которую применяют при монтировках промышленных катадиоптрических телескопов. Из-за расположения окуляра такая монтировка очень удобна для рефлекторов системы Ньютона. Другая разновидность монтировки — немецкая конструкция — наиболее часто применяется для рефракторов и рефлекторов системы Кассегрена, так как в этом случае удобно расположена окулярная часть. Довольно часто такая монтировка используется в рефлекторах системы Ньютона, выпускаемых для широкой продажи.

В качестве опоры телескопов часто используют треноги, особенно это относится к небольшим телескопам-рефракторам как с азимутальной, так и с экваториальной монтировкой. Благодаря своей портативности треноги нашли широкое применение, прежде всего для крупных катадиоптрических телескопов с апертурой 150-200 мм; при этом сочетаются портативность и достаточная устойчивость установки. Если после каждого наблюдения вам приходится убирать треногу, то отмечайте на земле положение ее ног, чтобы при последующих наблюдениях можно было бы быстро установить телескоп в нужное положение.

В Северном полушарии портативный телескоп легко сориентировать по Полярной звезде с точностью, достаточной для проведения различных визуальных и некоторых фотографических наблюдений. С этой целью наведите искатель на Полярную звезду, закрепите положение телескопа по склонению, а затем, перемещая его вперед-назад по прямому восхождению. Регулируя положение осей телескопа, добейтесь, чтобы звезда все время находилась в пределах 1° от центра поля зрения искателя.

В Южном полушарии процедура установки телескопа значительно сложнее, так как вблизи Южного полюса мира нет яркой звезды; в качестве ориентира здесь может служить слабая звезда (примерно пятой величины) Октанта, которая также находится в пределах 1° от полюса.

При фотографировании с большими экспозициями требуются более точные методы юстировки телескопа. Условия и качество наблюдений значительно улучшаются, если телескоп установить на неподвижную стационарную опору. Это относится не только к крупным телескопам, для которых она просто необходима, но и к таким портативным, как телескопы системы Шмидта, Кассегрена и Максудова. Подобной опорой может служить металлический или бетонный столб. Его высота должна соответствовать типу телескопа с учетом всевозможных положений окулярной части при различных условиях наблюдений. Особенно важно, чтобы любая постоянная опора позволяла регулировать расположение телескопа по высоте и азимуту, а также устанавливать ось в направлении полюса мира. Часто проводить такую регулировку довольно трудно. Если телескоп приходится снимать и хранить в другом месте, фиксируйте с помощью специальной пластины его положение на вершине столба, чтобы при последующих наблюдениях не нужно было бы тратить много времени на установку и юстировку телескопа.



Рис. 38. Экваториальная установка, на которой укреплены две фотокамеры с апертурами 230 мм (9 дюймов) и 150 мм (6 дюймов) [фокальные отношения соответственно $f/4$ и $f/6,3$] вместе с гидрирующими 75-миллиметровым (3 дюйма) рефрактором и 150-миллиметровым рефлексом.

Механизмы привода телескопов

Проведение наблюдений значительно упрощается и становится более удобным, если вы имеете возможность вращать телескоп вокруг каждой из осей установки, даже если вращение приходится осуществлять вручную. Окончательное наведение на объект достигается путем слежения за ним в окуляр телескопа. В экваториальной установке слежение значительно упрощается, поскольку можно компенсировать суточное вращение небесной сферы вращением телескопа в ту же сторону вокруг полярной оси со скоростью вращения небесной сферы. В настоящее время для приведения телескопа в движение используют главным образом электрические приводы, причем не только в стационарных установках, но и в портативных переносных телескопах. В целях безопасности приводы питаются током низкого напряжения (12-24 В). При хорошей балансировке для приведения в движение даже крупного телескопа требуется небольшая мощность, поэтому в качестве источника тока довольно часто применяют автомобильные аккумуляторы. При работе от сети необходимо использовать хорошо изолированный трансформатор.



Рис. 39. Немецкая установка — наиболее распространенный способ монтировки телескопов; особенно удобен для небольших рефлекторов (типа показанного здесь), рефракторов и катадиоптрических телескопов.



Рис. 40. Длиннофокусный рефлектор с зеркалом диаметром 100 мм (фокальное отношение $f/15$), специально изготовленный для наблюдений Луны с большим увеличением.



Рис. 41. Фотография шарового скопления со Центавра, полученная с длительной экспозицией. При таких экспозициях значительно повышаются требования к точности системы наведения и сопровождения телескопов.

Многие приводы позволяют менять скорость вращения, что особенно важно при гидировании телескопа, при фотографировании с длительными экспозициями или наблюдениях Солнца и Луны, которые вследствие собственного движения перемещаются с меньшей скоростью, чем скорость суточного вращения небесной сферы. Фотографирование

облегчается, если ось склонения снабжена приводом, позволяющим корректировать положение изображения объекта при его гидировании.

Искатели

Большинство телескопов имеет малое поле зрения, и даже при наличии разделенных проградуированных кругов, позволяющих наводить установку на объект по координатам, для наведения требуется соосный искатель с широким полем зрения. Диаметр объектива и увеличение такого искателя, как и у биноклей, не столь существенны, хотя предпочтительнее, чтобы диаметр был 40-50 мм. Увеличение и размер поля зрения искателей примерно такие же, как у биноклей. Эти характеристики измеряются одним и тем же способом. При настройке искателя старайтесь ориентировать его поле зрения так же, как у самого телескопа.

Для удобства наведения в рефлекторах нередко используют искатели с треугольными и пятиугольными призмами, меняющие ход лучей в направлении, перпендикулярном оптической оси телескопа. В этих искателях изображение прямое. Обычные призмы меняют ориентацию поля зрения в зависимости от положения телескопа, что создает определенные затруднения при поисках слабых объектов в областях с высокой плотностью звезд.

Для определения центра поля зрения все искатели снабжены крестом, состоящим из одинарных или двойных нитей. Следует предусмотреть возможность корректировки соосности телескопа и искателя. Если телескопом пользуются несколько наблюдателей, неплохо было бы снабдить его простым фокусирующим устройством.

Рекомендуем сделать для искателя такие же пылезащитные крышки, как и для телескопа, а при наблюдениях Солнца искатель следует закрывать темным, хорошо подогнанным светофильтром.

Окуляры

Окуляры предназначены для увеличения первичного изображения, которое строится объективом в фокальной плоскости. В зависимости от светосилы и размеров поля зрения телескопа рекомендуется применять окуляры различных конструкций.

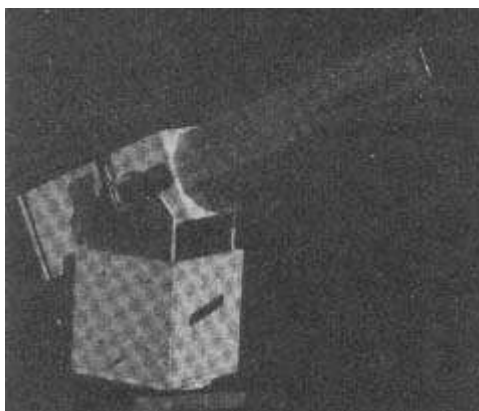


Рис. 42. Телескоп системы Ньютона с объективом диаметром 150 мм (6 дюймов), установленный на монтировке Добсона, снабжен хорошим искателем, диаметр объектива которого равен 50 мм (2 дюйма).



Рис. 43. Для наведения на слабые объекты, особенно на галактики (показана галактика М 81 в созвездии Большая Медведица) требуется высокая степень соосности искателя с основным телескопом.

Для короткофокусных светосильных рефлекторов системы Ньютона, создающих большие aberrации, нужны более сложные окуляры, которые могли бы уменьшить искажения изображений. Требования к окулярам для рефракторов, рефлекторов системы Кассегрена и катадиоптрических телескопов менее строги. В телескопах с широким полем зрения часто используют окуляры Эрфла и Кёнига. При малых увеличениях (в телескопах различных типов) можно довольствоваться менее сложными (и потому более дешевыми) окуляром Рамсдена и его разновидностью — хроматическим окуляром Рамсдена, который нередко путают с несколько иным по конструкции окуляром Кельнера. Окуляры более сложной конструкции, например ортоскопический окуляр и окуляр Плёсла, создают качественное изображение в телескопах, фокусные расстояния которых меняются в широких пределах; эти окуляры также более удобны для тех, кто носит очки. Как обычно, для уменьшения потерь света и достижения максимальной контрастности линзы окуляра следует покрывать просветляющей пленкой.

Увеличение телескопов и окуляров

Основная характеристика окуляра — фокусное расстояние; поделив фокусное расстояние объектива на фокусное расстояние окуляра, можно определить увеличение телескопа. Например, если фокусное расстояние окуляра равно 25 мм, а объектива — 1 м, то увеличение телескопа — 40 раз.

Нередко значения фокусных расстояний окуляров (и телескопов), указанные на их корпусах, слегка отличаются от реальных, поэтому увеличение телескопа лучше измерять самим. Для этого направьте телескоп на равномерно освещенную поверхность, например на небо, и возможно точнее определите диаметр d светящегося изображения выходного зрачка. Чтобы получить увеличение, поделите диаметр линзы объектива (или первичного зеркала телескопа) на диаметр выходного зрачка. Этот сравнительно простой метод позволяет довольно точно определить увеличение телескопа.

Нетрудно вычислить и поле зрения телескопа. Приблизительно оно равно 30° , деленным на увеличение окуляра, но это значение несколько варьируется в зависимости от типа окуляра. На практике диаметр поля зрения телескопа можно определить по времени, в течение которого изображение звезды пересекает поле зрения неподвижного телескопа. Это время, выраженное в угловых единицах (см. таблицу на с. 27), указывает размер поля зрения телескопа. Для таких измерений следует выбирать звезду, находящуюся возможно ближе к небесному экватору, например β Ориона. При использовании биноклей и искателей с широким полем зрения эта процедура занимает немного времени, к тому же при работе с такими приборами редко возникает необходимость в точном знании размера их поля зрения. Для его оценки рекомендуется одновременное наблюдение двух звезд, угловое расстояние между которыми известно. Это могут быть две звезды, расположенные на экваторе, две звезды с одинаковыми прямыми восхождениями и разными склонениями либо скопления звезд, в которых хорошо известны положения ярких звезд — идеальным в этом отношении является скопление Плеяды.

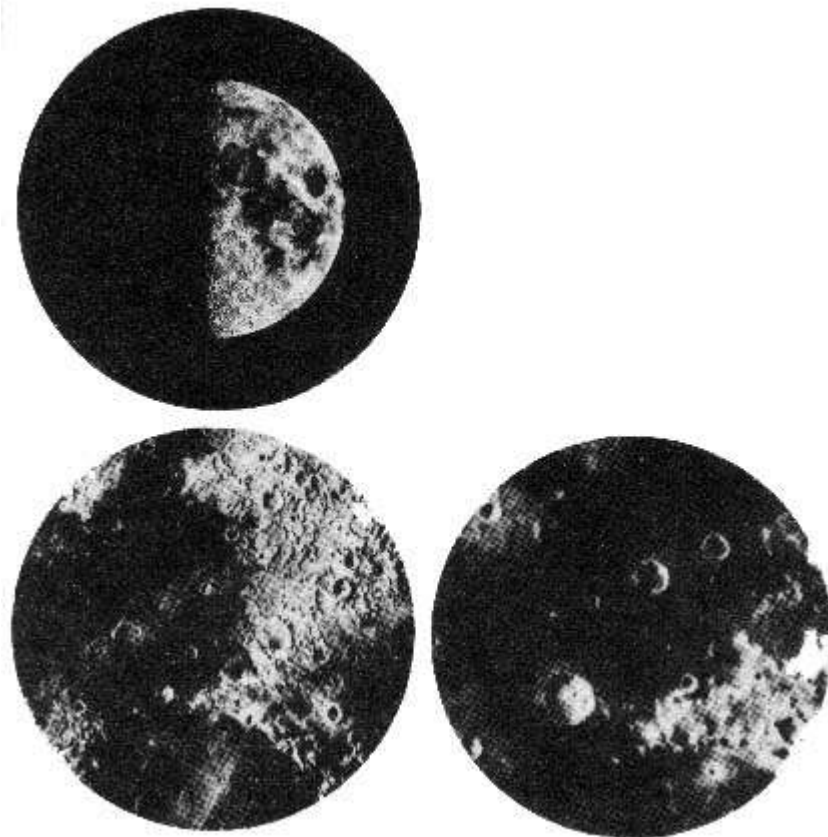


Рис. 44. Увеличения, которые обычно применяют при наблюдении Луны: прямое изображение Луны в бинокль с 7-кратным увеличением (вверху); перевернутое изображение, полученное при увеличении в 35 (внизу слева) и 105 раз (внизу справа).

Целесообразно записать значения увеличений и размеров поля зрения вашего телескопа при использовании различных окуляров; эти записи особенно пригодятся, когда вы попытаетесь обнаружить слабые небесные объекты. Не менее полезны также зарисовки в масштабе поля зрения бинокля или искателя; эти рисунки делают на кальке или прозрачной пленке, которые затем можно прикладывать к построенным вами звездным картам.

Выбор увеличения. Как уже отмечалось в разделе, посвященном биноклям, минимальное полезное увеличение достигается, когда выходной зрачок телескопа равен по размеру расширенному зрачку глаза (он составляет около 8 мм). Поэтому при наблюдениях в телескоп с объективом диаметром 150 мм минимальное необходимое увеличение должно равняться $150:8 = 18,75$. На практике допустимо большее увеличение, за исключением очень специфических наблюдений, например поиска комет и новых звезд.

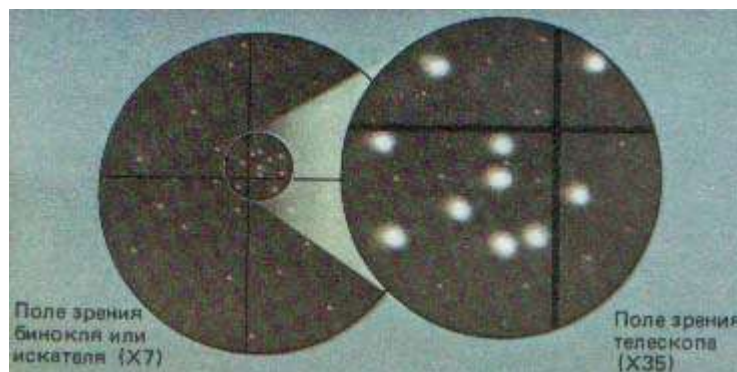


Рис. 45. Поле зрения бинокля и телескопа при обычных увеличениях. Телескоп строит

увеличенное перевернутое изображение, которое в зависимости от размера апертуры позволяет увидеть довольно слабые звезды.

Выбор того или иного окуляра зависит от требований к величине поля зрения. Начинающие астрономы-любители стремятся проводить наблюдения при максимально возможном увеличении, но, как показывает опыт, это редко способствует улучшению разрешения: далеко не всегда большее увеличение позволяет увидеть больше деталей. К тому же изображения протяженных объектов, подобных планетам или туманностям, при больших увеличениях становятся более слабыми, поскольку одно и то же количество света распределяется по большей поверхности. Как утверждает теория, изображение звезды в хороший телескоп представляет собой точку независимо от увеличения, однако на практике это не всегда так. При некоторых видах наблюдений желательно возможно большее увеличение: так, при наблюдениях переменных звезд большое увеличение ослабляет яркость мешающего фона неба и расширяет плотные звездные поля.

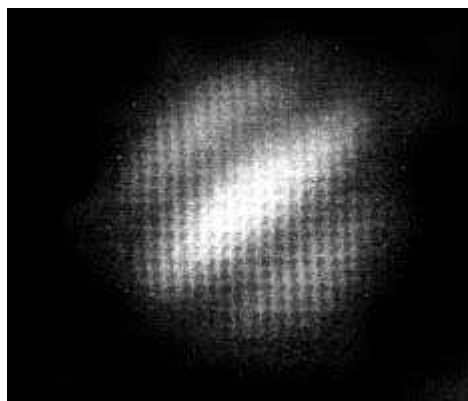


Рис. 46. При наблюдениях планет существенную роль играет увеличение. Дальнейшее повышение увеличения данного изображения Юпитера не приведет к улучшению разрешения деталей поверхности планеты.

Довольно точную оценку нормального увеличения телескопа дает диаметр объектива, выраженный в миллиметрах; предельно допустимое увеличение вдвое больше этой величины. Временами, когда условия видимости исключительно благоприятны, можно работать и с несколько большим увеличением. Для рефлектора с $D = 150$ мм и $f/6$ и рефрактора с $D = 75$ мм и $f/12$ (при фокусном расстоянии обоих 900 мм) целесообразно использовать окуляры с фокусными расстояниями 25 (или 24), 18, 12 и 6 мм, которые обеспечивают увеличение соответственно в 36, 50, 75 и 150 раз. В зависимости от типа эти телескопы должны иметь поле зрения около 50', 36', 24' и 12' соответственно.

Приспособления к окуляру

Рассеивающая линза Барлоу увеличивает фокусное расстояние объектива, что позволяет вынести фокус телескопа на расстояние, удобное для установки фотокамеры, кроме того, эта линза позволяет расширить диапазон применений некоторых окуляров. Однако ее применение не повышает максимально допустимого (для данного телескопа) увеличения; к тому же, несмотря на использование просветляющих покрытий, линза Барлоу увеличивает общие потери света в телескопе. При покупке линзы убедитесь, что она действительно расширяет возможности ваших окуляров, а не просто дублирует уже имеющееся увеличение телескопа.

Фокальный уменьшитель (или, как его иногда называют, телекомпрессор) в отличие от линзы Барлоу укорачивает фокус телескопа. Его применение значительно расширилось с

введением в практику астрономических наблюдений катадиоптрических телескопов. Благодаря этому приспособлению возрастает эффективная светосила телескопа (уменьшается эффективное фокальное отношение), что существенно ускоряет фотографические наблюдения.

При наблюдениях высоко расположенных небесных тел иногда бывает неудобно подобраться к окуляру таких телескопов, как рефракторы и рефлекторы системы Шмидта-Кассегрена. В этих случаях целесообразно использовать прямоугольную призму (окуляр, снабженный такой призмой, называется зенитным), изменяющую направление светового пучка на 90° , правда, при этом изображение переворачивается, что очень неудобно при наблюдении и вызывает различные трудности, в частности при зарисовках. От этого недостатка избавлена пятиугольная призма, хотя ее применение еще более увеличивает световые потери. Существует много других приспособлений, расширяющих возможности телескопов, но не все из них можно рекомендовать для использования при наблюдениях, поскольку в отличие от окуляра или прямоугольной призмы их следует располагать ближе к объективу.

Обсерватории

Хранить телескоп, смонтированный на постоянной установке, можно в небольшом сарае с раздвижной или снимающейся крышей. Однако настоящая обсерватория не только укрывает телескоп от ветра, но и предохраняет его от вибраций, а наблюдателя защищает от холода. Обсерватория позволяет в той или иной мере воспрепятствовать проникновению постороннего света и уменьшить проблемы, связанные с выпадением росы. Поскольку в обсерватории все находится под рукой и нет необходимости переносить оборудование с места на место, вы получите возможность больше времени отдать непосредственно наблюдениям.

Простейшие обсерватории имеют крыши, которые либо поднимаются, либо складываются и сдвигаются в сторону, но куполообразная крыша (не обязательно в форме полусферы) лучше защищает телескоп от ветра и света. Правда, такая крыша должна вращаться по азимуту и поэтому ее конструкция гораздо сложнее: так, ее следует снабдить раздвижными створками, которые защищали бы телескоп от непогоды, но легко раскрывались бы при наблюдениях. Перед началом наблюдений обсерваторию необходимо заблаговременно открыть, чтобы температуры внутри и снаружи успели сравняться. Это ослабляет воздушные потоки вблизи телескопа, которые, как мы уже говорили, могут существенно ухудшать видимость.



Рис. 47. Хотя сферический купол труден в изготовлении, он обеспечивает наилучшую

защиту как для телескопа, так и для наблюдателя.

Чтобы вы могли хорошо ориентироваться в темноте, обсерватория не должна быть захламленной внутри, а для этого требуется все четко распределить по своим местам, в частности отвести специальное место для дополнительного оборудования и установить столик для звездных карт, справочников, журналов и других пособий. В каждой обсерватории должны быть часы (показывающие всемирное время) и на случай необходимости предусмотрено тусклое красное освещение.

Звёздные карты

Никакой астроном не может обойтись без подробных звездных карт, особенно при поиске слабых объектов. Необходимый вам набор звездных карт зависит от характера проводимых наблюдений и мощности вашего телескопа или бинокля. Чем слабее звезды, тем больше их число на небе, причем этот рост стремителен. Поэтому, чтобы не возникало путаницы и вы могли различать отдельные звезды, запаситесь подробными картами звездного неба; но чем подробнее эти карты, тем большее число их вам понадобится. Так как построение таких карт — дело довольно трудное и кропотливое, нет полной уверенности, что все слабые звезды нанесены на ту или иную карту. Так что любая карта (или атлас) далеко не совершенна.

Поэтому, планируя наблюдения самых слабых объектов, имейте в виду, что на вашей карте они могут отсутствовать. Звезды на картах и в атласах изображают либо белыми точками на черном фоне неба, либо черными — на белом. Каждый из типов карт имеет свои преимущества. Карты первого типа особенно удобны при поисках в телескоп очень слабых объектов, поскольку при отождествлении звезд на карте и на небе белый фон даже в условиях очень тусклого красного освещения несколько ослабляет адаптацию глаз к темноте. Такие карты иногда особенно полезны для начинающих, так как дают более реальную картину распределения звезд на темном фоне неба, тем самым уменьшая путаницу при отождествлении объектов. Однако на большинстве карт изображены черные звезды на белом фоне; существенное преимущество этих карт заключается в возможности нанесения на них любых других интересующих вас объектов. Многие атласы печатаются в обоих вариантах.

На звездных картах, представленных в нашей книге, показаны все звезды до пятой величины (5^m); ими удобно пользоваться при наблюдениях невооруженным глазом, когда предельная звездная величина доступных наблюдению объектов при благоприятных условиях равна 6^m. (В средние бинокли можно увидеть почти в 40 раз больше звезд, чем невооруженным глазом.) Звездные карты, используемые при наблюдениях в телескопы и бинокли, значительно богаче деталями; обычно они представляют ограниченные участки неба в окрестностях наиболее интересных объектов. Например, для поиска слабых переменных звезд целесообразно использовать несколько карт, позволяющих последовательными шагами найти искомую переменную.

Рис. 48. Млечный Путь вблизи Денеба (Лебедя).

Для обозначения звезд и других небесных тел на картах и в каталогах наряду с греческими и латинскими буквами, введенными Байером, используют и другие символы. Так, для обозначения самых слабых звезд, различимых невооруженным глазом, используются числа Флемстида, для обозначений некоторых скоплений звезд, туманностей и галактик — нумерация по каталогу Мессье, а для переменных звезд применяют одиночные и двойные заглавные латинские буквы, начиная с буквы R.

Небесные координаты

О способах нахождения созвездий мы уже говорили (с. 40-57). Самый же простой метод поиска небесного объекта основан на сличении наблюдаемой картины неба со звездной картой участка неба в окрестности данного объекта. Этот метод довольно прост и эффективен; особенно часто к нему прибегают опытные наблюдатели, хорошо знакомые со звездным небом. Для определения точного положения небесного тела среди звезд используют экваториальную систему небесных координат. В ней положение объекта определяется прямым восхождением и склонением (их обычно обозначают и соответственно) — координатами, аналогичными долготе и широте, которые характеризуют местоположение на поверхности Земли.

Прямое восхождение измеряется в восточном направлении вдоль небесного экватора в единицах времени: часах, минутах и секундах. Началом отсчета прямого восхождения служит точка весеннего равноденствия, в которой Солнце (при своем годовом движении по эклиптике) пересекает небесный экватор, переходя из Южного полушария в Северное. Эта точка, обозначаемая знаком созвездия Овен (Υ), играет такую же важную роль при составлении звездных карт, как Гринвичский нулевой меридиан при составлении географических карт. Склонение измеряется в угловых единицах; градусах, минутах и секундах дуги. К северу от небесного экватора оно положительно, к югу — отрицательно. Поэтому небесные экваториальные координаты изменяются в пределах $0^{\text{ч}}-24^{\text{ч}}$ (= $0^{\text{ч}}$) по прямому восхождению и от $+90^{\circ}$ до -90° по склонению.

Координаты небесных тел можно легко установить по звездным картам или выписать из каталога, где они приводятся вместе с названием объекта. Например:

Сириус
06^ч 24^М
-16° 42'
Галактика Андромеда
00^ч 43^М
+41° 16'

Во многих исследованиях можно считать, что прямое восхождение и склонение звезд не изменяются. Однако в действительности из-за гравитационного взаимодействия Земли с Луной и Солнцем земная ось медленно перемещается среди звезд, вследствие чего положение точки весеннего равноденствия медленно изменяется; это явление получило название прецессии. Около двух тысяч лет назад точка весеннего равноденствия находилась в созвездии Овен и поэтому её стали обозначать знаком Овна Υ . К настоящему времени эта точка переместилась в созвездие Рыбы. Из-за прецессии медленно меняются экваториальные координаты звезд, и, чтобы избежать связанной с этим путаницы, карты составляют на определенные даты, например на начала 1900, 1950 или 2000 гг. Такая дата называется эпохой календаря или карты и обычно указывается в скобках после координат небесных тел. Например, если написано, что для α Центавра = 14^ч 39,6^М, = -60° 50' (2000), то это означает, что приведённые координаты звезды относятся к эпохе 2000 г. Для визуальных наблюдений различия в координатах звезд в эпохи 1950 и 2000 гг. незначительны, поэтому вполне можно пользоваться более старыми картами и атласами. Однако вследствие прецессии изменяется положение полюса мира, и при фотографировании с длительной экспозицией эти изменения следует учитывать при установке телескопа.

Таблица №6

Обозначения небесных тел в каталогах

Греческие буквы. Латинские буквы.
A-Q
F 11, F 12...
M 1, M 2, ...
NGC 1, NGC 2, ...
IC 1, IC 2, ...
R, S и т. д.; RR, RS и т. д.; AB, AC и т. д.; BB, ... QZ; V355 ...

Прямое восхождение светила, находящегося в определенный момент времени на меридиане места наблюдения, равно местному звездному времени. Часто требуется знать часовой угол светила, который равен разности между звездным временем и его прямым восхождением. По определению часовой угол измеряется в единицах времени от небесного меридиана вдоль экватора в западном направлении. Часовой угол светила возрастает со временем в тех случаях, когда при расчетах этот угол оказывается отрицательным; чтобы получить его правильное значение, следует к полученному результату прибавить 24 ч. В литературе встречаются обозначения, когда часовой угол отсчитывается либо к западу, либо к востоку от меридиана.

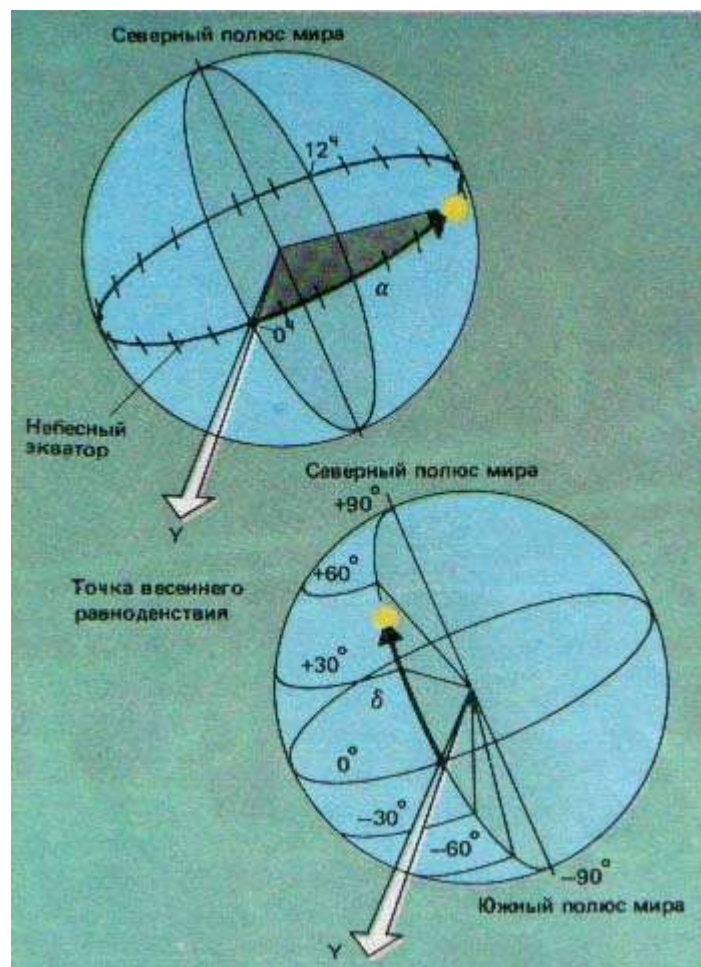


Рис. 49. Прямое восхождение α отсчитывается в восточном направлении вдоль небесного экватора от точки весеннего равноденствия T. Склонение отсчитывается к северу или к югу от экватора.

Поиск объектов при наблюдениях в бинокли и телескопы

При сравнении звездных карт с реально наблюдаемым небом иногда возникают трудности при поисках того или иного небесного тела. Это в значительной степени обусловлено отличием масштабов наблюдаемой картины неба от изображений на картах, а также тем, что в бинокли и телескопы видно несравненно больше звезд, чем показано на картах. В зависимости от инструмента, используемого для наблюдений, следует заранее подобрать соответствующую карту звездного неба. Так, при наблюдениях в бинокль нужна карта, ориентированная севером вверх, а при исследованиях с помощью телескопа — карта, на которой вверху расположен юг. Вообще говоря, работа с перевернутым изображением не вызывает особых трудностей. Значительные сложности возникают при наблюдениях через зенитную призму, так как она строит перевернутое зеркальное изображение. В этом случае вид неба приходится сравнивать с картой, рассматриваемой на просвет с обратной стороны. Старайтесь не пользоваться зенитным окуляром, особенно в искателях, пока не привыкнете к масштабам поля зрения телескопа и искателя.

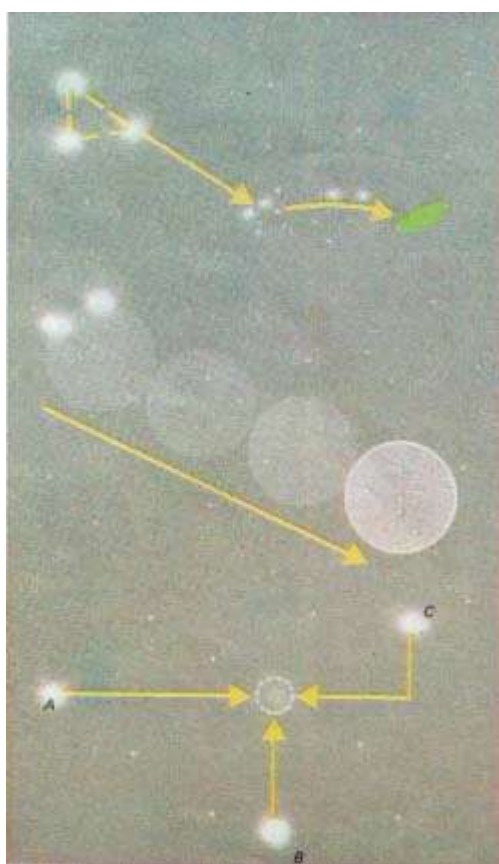


Рис. 50. В методе «звездных скачков» (вверху) расположение ярких звезд служит ориентиром для поиска более слабых звезд и в конечном счете для обнаружения искомого объекта. Если известен размер поля зрения телескопа, то его можно использовать для обнаружения слабого объекта, перемещая поле зрения соответствующее число раз в направлении искомого объекта (в центре). Другой полезный способ поиска объектов — перемещение по прямому восхождению от яркого объекта А или по склонению от В, либо по обеим координатам от объекта С (внизу). Учитывая, что изображение в телескопе перевернуто, шаровое скопление, показанное на рисунке, находится к востоку от звезды А, прямо к югу от В и к северу перед звездой С. Координаты звезд А, В и С известны.

При наблюдениях в телескоп довольно часто удается обнаружить вблизи искомого

объекта характерную группу ярких звезд, отождествление которой с изображением на карте существенно облегчает поиск. Если возникли трудности при наблюдениях в телескоп, например в областях с высокой плотностью звезд вблизи Млечного Пути, то полезно сначала отождествить яркие звезды, лежащие по соседству с искомым объектом, с помощью бинокля, а затем уже найти их в искателе телескопа. Отождествлению звезд весьма помогают зарисовки картины, видимой в телескоп.

Если в окрестностях искомого слабого объекта нет заметных ярких звезд, которые могли бы служить ориентиром, то объект следует искать по его координатам. Эта задача значительно упрощается, если телескоп снабжен разделенными координатными кругами (о них речь пойдет ниже), с помощью которых осуществляется наведение на объект по координатам. Иногда для поиска светила удобнее воспользоваться разностью между его координатами и координатами яркой звезды. Эту разность нетрудно заранее рассчитать по координатам интересующих нас объектов, которые приводятся в каталогах и на картах; при этом не забывайте разность прямых восхождений переводить в угловые единицы. Наведя телескоп на яркую звезду, переместите его затем в нужном направлении на величину разности координат, используя для отсчета угловой диаметр поля зрения телескопа. Такой метод поиска и наведения на небесное тело годится при любых установках телескопов, но наиболее удобен при экваториальной установке. Выберите яркую звезду с тем же прямым восхождением или склонением, что и искомым объектом. Если у них одинаковы прямые восхождения, то наведите телескоп на яркую звезду, закрепите ось прямого восхождения, а затем перемещайте его в нужном направлении по склонению на угол, равный разности склонений. При совпадении склонений закрепите ось склонения и далее перемещайте телескоп по прямому восхождению на величину, равную разности прямых восхождений искомого объекта и звезды-ориентира. Если все же остаются сомнения в правильности наведения телескопа, попытайтесь сделать следующее. Найдите какую-нибудь звезду с тем же склонением, что и искомым объектом, но расположенную несколько впереди него. Закрепив затем обе оси телескопа, ждите, когда вследствие суточного вращения Земли искомым объектом попадет в поле зрения телескопа. (Такую операцию можно осуществить и при азимутальной монтировке телескопа, но только в том случае, если искомым объектом находится на меридиане.)

Разделенные круги

Если установка должным образом сориентирована на Полюс мира, то для наведения телескопа на любой объект можно использовать проградуированные разделенные круги. Эти круги должны быть по возможности больших размеров и тщательно изготовлены. Круг склонения диаметром 150 мм должен иметь шкалу градусов, причем желательно, чтобы каждый градус был разделен на 30'. Аналогичный круг прямого восхождения должен быть проградуирован в часах, а каждый час разделен на интервалы в 2 мин. Круг необходимо снабдить указателем для отсчета. Градусное разбиение круга склонения позволяет определять склонение искомого светила либо непосредственно, либо с помощью разности склонений яркого и искомого объектов. По известной разности прямых восхождений яркого светила и искомого объекта нетрудно наводить телескоп по прямому восхождению. В этом случае разделенный круг используется как обычный угломерный инструмент.

Непосредственное наведение телескопа по прямому восхождению связано с определенными трудностями, так как требует знания звездного времени и зависит от того, закреплен ли круг прямого восхождения. Если круг прямого восхождения фиксирован, отсчету 0Ч соответствует направление телескопа на юг. В этом случае, рассчитав часовой угол искомого светила, поверните телескоп на величину этого угла по кругу прямого восхождения. Если круг прямого восхождения не закреплен, то вначале наведите телескоп на яркую звезду с известными координатами, после чего поворачивайте круг прямого

восхождения до тех пор, пока указатель не покажет значение прямого восхождения звезды-ориентира; тогда, закрепив его, поворачивайте телескоп, пока указатель не покажет прямое восхождение искомого объекта. Такой способ наведения по прямому восхождению удобен для небольших телескопов. В некоторых более сложных установках телескопов предусматривается перемещение круга прямого восхождения вслед за звездой, т. е. указатель все время показывает ее прямое восхождение.

Время

Время, которым мы пользуемся в повседневной жизни, называется средним солнечным временем. Оно основано на средней продолжительности солнечных суток. Истинная продолжительность солнечных суток меняется на протяжении года; это обусловлено неравномерностью движения Земли вокруг Солнца и тем, что длина солнечных суток определяется изменением прямого восхождения Солнца, отсчитываемого вдоль экватора, а Солнце движется по эклиптике. Поправку, которую нужно прибавить к среднему солнечному времени, чтобы получить истинное солнечное время, называют уравнением времени.

Среднее солнечное время в данном пункте называют местным временем; оно меняется в зависимости от долготы. Во избежание трудностей с использованием местного времени весь земной шар был разделен на 24 часовых пояса, и в пределах каждого часового пояса установлено единое поясное время, соответствующее положению центрального меридиана данного пояса². Во многих странах вводится летнее время (в СССР наряду с декретным временем, которое на 1 ч опережает поясное, летом используют летнее время, на 1 ч опережающее декретное. — *Перев.*).

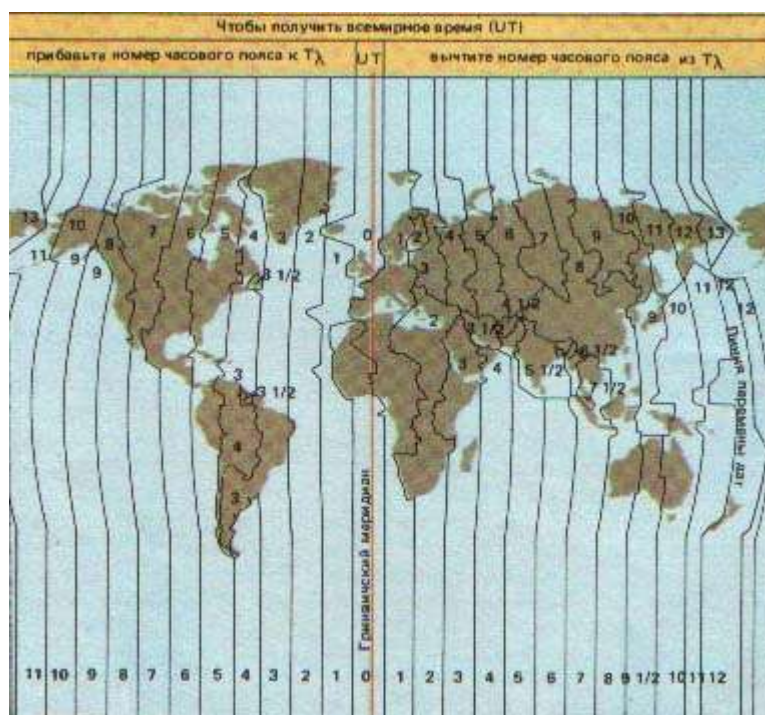


Рис. 51. Часовые пояса, на которые разбита поверхность Земли, могут использоваться для расчетов всемирного времени (UT) по местному (зимнему) времени (T) наблюдателя.

² В СССР границы часовых поясов проходят не строго по меридианам, а по границам союзных и автономных республик, а также областей. — *Прим. ред.*

В астрономических справочниках и календарях, а также при проведении наблюдений используют всемирное время (Universal Time, UT) или, как его еще называют, среднее гринвичское время-среднее солнечное время нулевого меридиана, за который принят меридиан, проходящий через Гринвичскую обсерваторию в Англии. Оно из меняется от 0 ч до 24 ч и отсчитывается от полночи. Так как всемирное время одинаково для всех точек Земли, его использование исключает всякую путаницу во времени. Каждая настоящая обсерватория (и каждый уважающий себя наблюдатель) имеет часы, показывающие всемирное время. Существуют таблицы, позволяющие перейти от обычного местного времени к всемирному.

Звездное, или сидерическое, время представляет собой другую систему отсчета времени, основанную на продолжительности звездных суток — времени между двумя последовательными прохождениями звезды через одну и ту же точку меридиана. Звездные сутки примерно на 3 мин 56 с короче средних солнечных. Звездные сутки, начинающиеся в момент верхней кульминации точки весеннего равноденствия, как и солнечные сутки, разделены на 24 звездных часа. Местное звездное время определяется прямым, восхождением небесного меридиана (часовым углом точки весеннего равноденствия. — *Перев.*). Если мысленно представить себе окружность с центром в Полносе мира в виде циферблата часов, разделенного на 24 ч в соответствии с прямым восхождением, то небесный меридиан, являясь «стрелкой» этих часов, укажет с достаточной точностью значение звездного времени в момент наблюдений. Но, разумеется, лучше измерить звездное время точно. Для этого необходимо пронаблюдать кульминации звезды с известным прямым восхождением — тогда звездное время будет равно прямому восхождению этой звезды в момент ее верхней кульминации. Точность такого способа определения звездного времени вполне достаточна для поиска и наведения телескопа на небесные тела в течение ночи.

Для определения местного звездного времени можно использовать часы, которые «спешат» примерно на 4 мин каждые сутки. В отличие от электрических обычные механические часы нетрудно отрегулировать для этих целей. В большинстве ежегодников указано звездное гринвичское время, т.е. время полночи по Гринвичу (0Ч UT).

Разность между местным и всемирным временем равна долготе данного места наблюдений, выраженной в часовой мере (см. таблицу на с. 27); долгота определяет также с достаточной точностью разность между звездным временем и звездным временем по Гринвичу.

Даты

Во избежание путаницы в астрономии принят единый способ записи даты наблюдения или наступления того или иного явления: принято записывать год, месяц (название месяца, а не его числовое обозначение), день, час, минуты и секунды по всемирному времени. Например, дата наступления середины лунного затмения записывается так: 1985, май 4, 19Ч 57М UT (в данном примере отсутствуют секунды). Часто вместо часов, минут и секунд пишут долю суток в виде десятичной дроби с соответствующей точностью. Так, вышеприведенную дату можно записать следующим образом: 1985, май 4,8315. Подобный способ записи даты наблюдений особенно удобен при вычислениях.

Нередко возникает необходимость проследить за тем или иным явлением, имевшим место много лет назад, например за появлением кометы или наступлением максимума блеска переменной звезды. Использование для этих целей обычного гражданского календаря с его високосными годами и месяцами, имеющими разное число дней, не удобно. По этой причине астрономы для регистрации явлений часто используют юлианские дни (JD), т.е. дни по Юлианскому календарю. Особенно часто выражают время в юлианских днях наблюдатели переменных звезд, так как это весьма облегчает построение кривой изменения блеска

переменной звезды. За начало отсчета в Юлианском календаре принято 1 января 4713 г. до н.э.; это столь давняя дата, что мы не располагаем никакими сведениями о наблюдениях, проводившихся ранее. Юлианские сутки в отличие от обычных начинаются в 12Ч 00М UT. Например, юлианский день 2 446 067,0 начался 1 января 1985 г. в 12Ч 00М UT, а полное лунное затмение, наступившее в 10Ч 57М 4 мая 1985 г., соответствует 2446190,33125 JD. Таблицы юлианских дней часто начинаются с 0-го дня месяца³, что на первый взгляд кажется довольно странным; тем не менее это существенно облегчает расчеты, поскольку для указания времени наблюдений, начатых после 12Ч 00М UT, следует просто прибавить дату месяца. Иногда достаточно ограничиться несколькими последними значащими цифрами в числе юлианских дней, чтобы избежать путаницы.

Проведение детальных наблюдений

Астроном-наблюдатель, пусть даже начинающий, должен не только внимательно и подробно записывать результаты наблюдений, но и бережно хранить их. Помните, что ваши наблюдения могут оказаться уникальными, и не исключено, что даже простой набросок или какие-то детали, подмеченные вами, принесут ценную научную информацию, которой не располагает никто другой. Поэтому всем наблюдателям рекомендуется сообщить о своих результатах в местную или международную организацию любителей астрономии.

Новички обычно считают, что их наблюдения не могут представлять интереса. Это заблуждение. Совсем нетрудно провести хорошие наблюдения — нужно просто приобрести определенные практические навыки. Научитесь возможно быстрее проводить «числовые наблюдения»: снимать показания часов, оценивать блеск звезд и т.д. Очень полезно также приобрести изобразительные навыки, которые понадобятся вам, например, при зарисовках планет. Как показывает практика, порой наблюдения новичков ничем не уступают исследованиям опытных наблюдателей. Так, некоторые самые первые оценки блеска переменных, сделанные начинающими, по точности не уступали результатам опытных наблюдателей с многолетним стажем — только начинающему потребовалось для этой работы больше времени, да и не хватало уверенности в своих результатах.

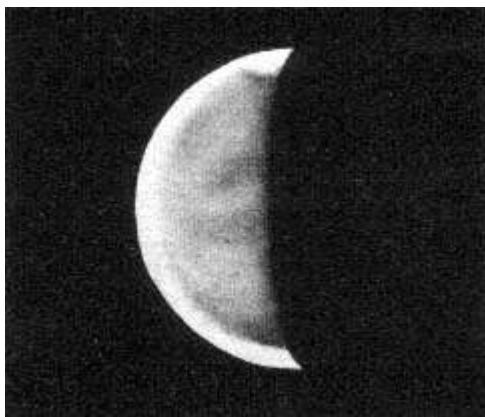


Рис. 52. Зарисовка Венеры (1977, февраль 13, 16Ч 55М UT), сделанная Ричардом Маккимом при наблюдении в рефлектор (диаметр зеркала 216 мм, увеличение 232 раза). Условия видимости II, прозрачность атмосферы хорошая.

³ Т.е. с 31-го или 30-го числа предыдущего месяца. Юлианские дни введены в 1583 г. французским ученым Ж. Скалигером (1540-1609). Подробнее см.: Климишин П. А. Календарь и хронология. — М.: Наука, 1985. — *Прим. ред.*

Как хранить результаты наблюдений

Прежде всего следует завести журнал (или несколько — на каждый тип наблюдений) и пронумеровать его страницы. Полезно также иметь под рукой отдельные листы бумаги, чтобы оперативно снять копию с результатов наиболее ценных наблюдений. Для каждого наблюдения необходимо записывать дату, время, условие видимости, а также указывать, какое использовалось оборудование и его характеристики (телескоп, его увеличение и т.д.). Согласно принятому в мировой практике соглашению, дата и время наблюдения записываются в «убывающем порядке»: год, название месяца, день и всемирное время (UT). (Если по какой-то причине вам приходится использовать местное время — поясное, декретное или летнее, — непременно укажите это в журнале наблюдений.) Если наблюдения происходят до и после полуночи, то во избежание путаницы необходимо привести двойную дату (например: 1985, авг. 12/13).

Все замеченные детали следует вносить в журнал вовремя. Часто, находясь под впечатлением своих (или чужих) наблюдений, вы хотите как-то связать их с тем, что наблюдаете в данный момент, — попытайтесь избавиться от этой привычки. Разумеется, это нелегко. Например, перед вами зарисовки вчерашней картины распределения пятен на Солнце, и вы хотите увидеть то же самое сегодня. Не поддавайтесь искушению — зарисовывайте и записывайте в журнал только то, что наблюдаете в действительности, а не то, что, по вашему мнению, должно быть. Никогда не исправляйте то, что вам кажется ошибочным или не согласующимся с результатами других наблюдателей. Помните, что ошибаются даже опытнейшие наблюдатели и различия между наблюдателями неизбежны. Исправленные результаты наблюдений скорее вредны, чем бесполезны. Если вы в самом деле ошиблись, отметьте в журнале (копиях), чтобы ни себя, ни другого не вводить в заблуждение.

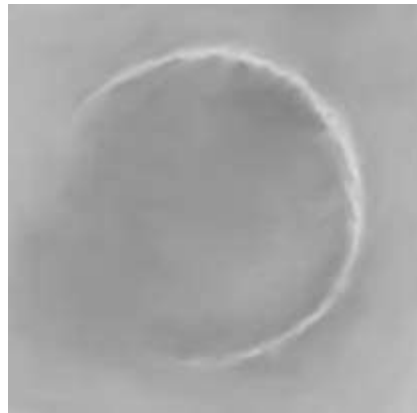


Рис. 53. Венера вблизи нижнего соединения (1982, январь 22, 14Ч 00М UT). Рисунок Р. Маккима (диаметр зеркала телескопа 200 мм, увеличение 110, условия видимости IV, прозрачность очень хорошая; ср. рис. 24).

Другой важный момент, на который хотелось бы обратить внимание, — продолжительность наблюдений. Никогда не торопитесь, даже если видите, что другие за то же время успевают сделать больше. Ведь иногда одно наблюдение стоит многих. (Конечно, иные наблюдения нужно производить быстро, но это уже другой вопрос.)

Как делать зарисовки

Приступая к наблюдениям, вы, естественно, размышляете: с чего начинать? Начинайте с зарисовок, даже если не собираетесь наблюдать планету и другие протяженные объекты. Например, если вы по какой-то причине не обнаружили в «положенном» месте галактику,

сделайте в журнале небольшой набросок ее окрестностей. Это поможет вам убедиться, что вы обследуете нужный участок звездного неба и значительно облегчит дальнейший поиск интересующей вас галактики. Аналогичным образом рекомендуется поступить при поисках и наблюдениях спутников планет, астероидов и других подобных объектов. В любом случае зарисовка требует от наблюдателя концентрации внимания на объекте, что позволяет увидеть на нем значительно больше деталей.

Подробные зарисовки требуют сосредоточенности и терпения, поэтому лучше начинать с объектов, не богатых деталями. Хорошую практику дают зарисовки Луны при наблюдении невооруженным глазом или планет при наблюдениях в небольшие телескопы, поскольку изобилие деталей, видимых в большие телескопы, затрудняет зарисовку. Зарисовки дисков планет и Луны лучше производить в стандартных масштабах, а при изображении отдельных деталей лунной поверхности не стоит стремиться к слишком большим размерам: достаточно ограничиться площадью диаметром 100-150 мм. Не пытайтесь зарисовать слишком много за одно наблюдение.

Для зарисовок необходимо иметь планшет или доску с зажимом для бумаги, несколько листов хорошей бумаги для рисования, мягкие карандаши (типа 2М и 4М), ластик и кусочки промокающей бумаги, свернутой в узкие конусы, — для растушевки. При зарисовках Марса, Юпитера и Сатурна пригодятся цветные карандаши. Если вы пользуетесь не карандашом, а чернилами, что необходимо, например, при зарисовках лунной поверхности, то вместо обычной бумаги для рисования лучше использовать более плотную — ватман или картон.

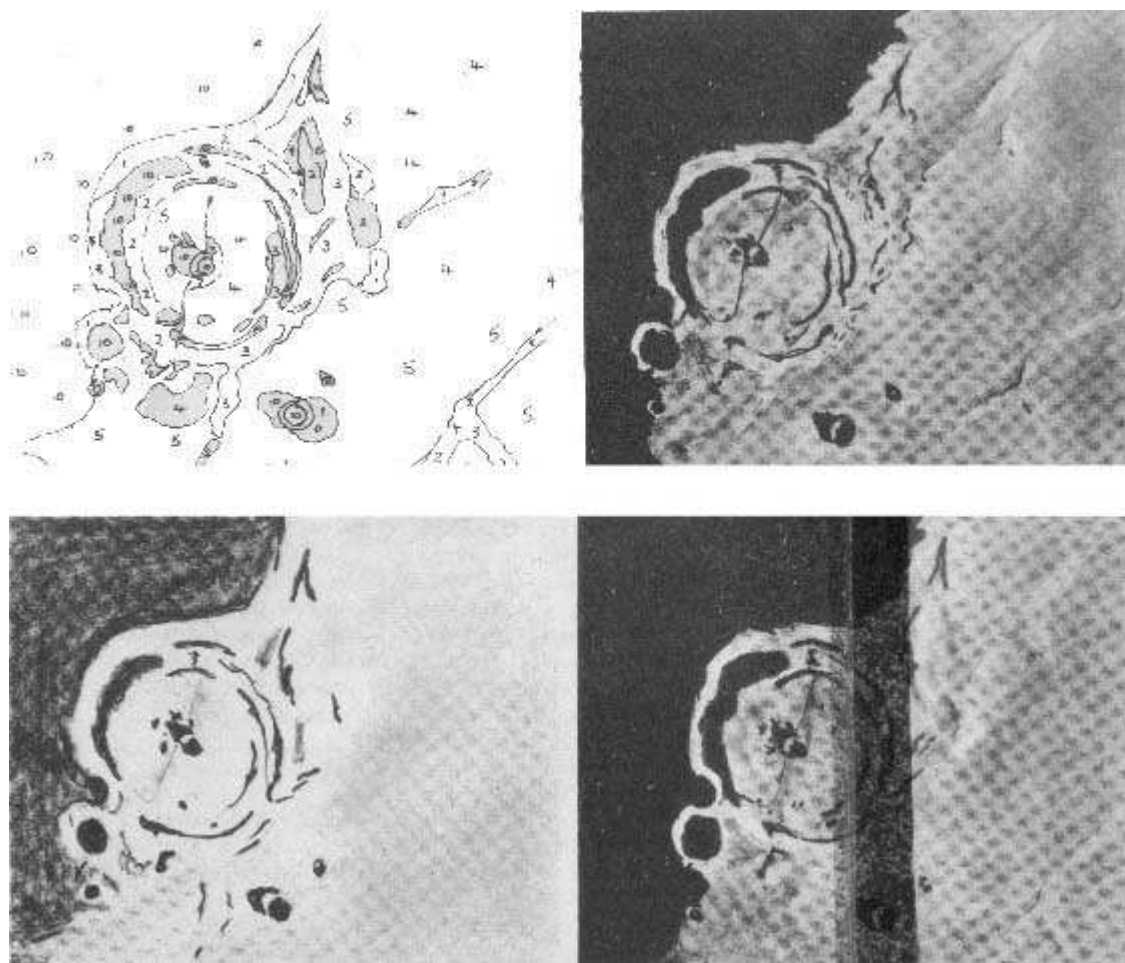


Рис. 54. Последовательные стадии зарисовок кратера Посидоний, сделанных Дж. Д. Гринвудом. Набросок кратера (слева) с численными оценками интенсивностей деталей помогают при его дальнейших зарисовках (ср. рис. 99). Начиная с самых

плотных темных деталей, постепенно с помощью карандаша и ластика выделяют более тонкие черты рельефа.

Нестрашно, если первоначальный рисунок, сделанный непосредственно во время наблюдений, окажется грубым и будет содержать информацию только о положении, форме или яркости отдельных деталей. Окончательную доработку рисунка можно сделать позднее, в спокойной обстановке вне обсерватории. При зарисовках первым делом сделайте общий набросок контуров основных деталей, а затем, постепенно уточняя их, добавляйте различные подробности. Растушовку контуров для получения различных оттенков можно сделать, как уже говорилось, промокашкой или пальцем. При изображении Луны новичкам лучше начинать с зарисовок общих контуров кратеров, не пытаясь воспроизводить точный вид очень контрастных деталей поверхности.

Ретуширование темных и ярких деталей можно проводить уже вне обсерватории, однако окончательный рисунок полезно еще раз сравнить с наблюдаемой в телескоп картиной. В зависимости от времени наблюдений (днем или ночью) можно подрисовать темный или голубой фон неба, как, скажем, в случае дневных наблюдений Венеры. Зарисовки чернилами и цветными красками лучше делать на ватмане. Все карандашные рисунки рекомендуется опрыскивать фиксирующим лаком, предохраняющим их от повреждений.

Сделанные рисунки вклейте в журнал наблюдений (во избежание деформации приклеивать их нужно только за один край). При этом еще раз проверьте, чтобы все рисунки, особенно планет и комет, были снабжены подробным описанием условий их получения. Если вы решили заняться изучением планет, то заведите специальный журнал (или по журналу на каждую планету) для зарисовок. Перед началом наблюдений желательно нарисовать удобный по размерам контур планеты. Подробнее о наблюдениях планет мы расскажем далее.

Астрономическое фотографирование

Получение хорошего фотографического снимка небесного тела — заветная мечта любого наблюдателя. Заметим, что для этого не обязательно иметь дорогостоящую и сложную фотографическую аппаратуру. (Современные однолинзовые зеркальные аппараты, затвор которых управляется током от батарейки, попросту непригодны для таких целей, поскольку при длительных экспозициях батарейки могут выйти из строя.) При наблюдениях некоторых видов можно использовать обычные фотокамеры без сложной montirovki. Вместе с тем некоторые астрономы-любители убеждены, что для фотографирования слабых объектов, скажем далеких галактик, непременно требуются большие телескопы, специальные фотопленка и оборудование, а также сложная техника обработки фотоматериалов.

Неподвижные фотокамеры

Самую простую фотографию звездного неба можно сделать с помощью неподвижной фотокамеры, например укрепленной на обычной треноге. При этом получают вытянутые изображения звезд, длина которых зависит от продолжительности экспозиции и удаленности фотографируемого участка неба от Полюса мира. На фотографиях наименьшую длину имеют изображения звезд, расположенных вблизи полюса. Стандартный объектив (диаметром 50 мм) обычного фотоаппарата, рассчитанный на ширину пленки 35 мм, имеет поле зрения примерно $39 \times 26^\circ$, что позволяет получать снимки отдельных созвездий. На черно-белых или цветных пленках со средней чувствительностью (например, 200 ASA) даже при коротких экспозициях (20-30 с) можно получить изображения почти всех звезд, видимых

невооруженным глазом, и вытянутость изображений практически незаметна. Фотографирование звезд — один из самых простых способов проверки качества оптики. Даже при использовании объективов высокого качества на краю поля зрения могут получаться странно вытянутые изображения звезд, если фотографировать с полной апертурой. При меньшей апертуре качество фотографии может улучшиться. Чтобы убедиться в этом, необходимо провести экспериментальное фотографирование, как обычно и поступают астрономы.

Рис. 55. На фотографии созвездия Лебедь вблизи звезды Денеб (Суг) видно красноватое свечение туманности Северная Америка.



Рис. 56. Одновременно с фотографированием с помощью телескопа можно осуществлять широкоугольную фотосъемку отдельной фотокамерой, установленной соосно с телескопом.

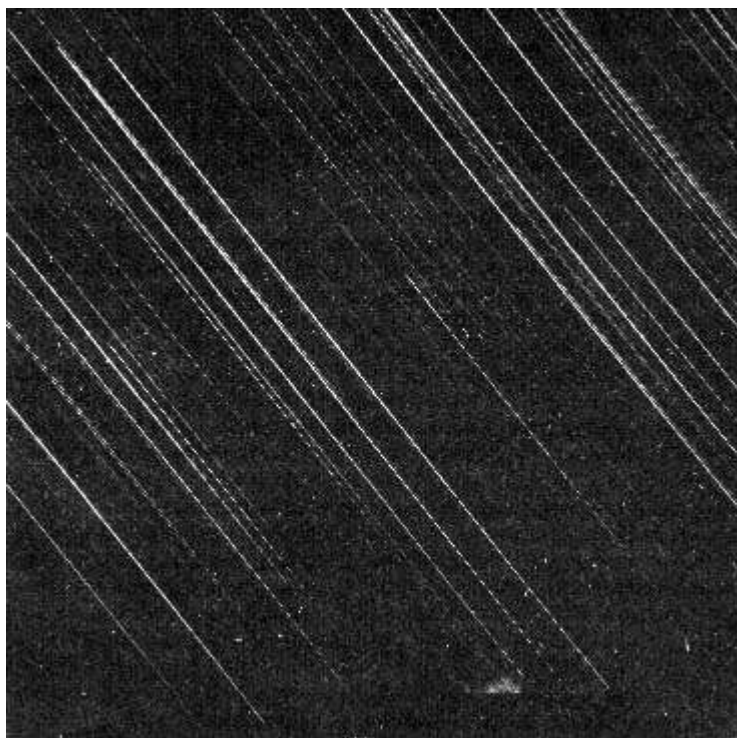


Рис. 57. На фотографии западного участка неба, полученной при длительной, экспозиции с помощью неподвижной камеры, видно, что звезды, находящиеся вблизи экватора, оставляют прямые следы, а следы звезд, расположенных к полюсам, слегка искривлены.

Время экспозиции определяется также яркостью неба, которая зависит от интенсивности искусственного освещения и света Луны. Если при фотографировании записывать не только выдержку, но и условия экспозиции, то вместе с информацией о дате и времени наблюдения это существенно поможет вам в дальнейшем при выборе оптимальных условий фотографирования.

Одной из серьезных проблем в астрофотографии является сотрясение камер, поэтому при спуске затвора лучше использовать тросик или пневматический спуск. Дрожание однолинзового зеркального фотоаппарата вызывается движением его зеркала. В некоторых аппаратах такого типа предусмотрены устройства, гасящие эти вибрации перед срабатыванием затвора. При отсутствии в аппарате затвора в виде шторок можно воспользоваться листом темной бумаги, черной шляпой или любым другим приспособлением, позволяющим закрывать и открывать объектив на время экспозиции.

Если искатель вашего фотоаппарата не дает возможности увидеть слабые звезды, то можно изготовить из проволоки простое приспособление в форме окружности, диаметр которой равен диаметру объектива фотокамеры. Прикрепите это приспособление к фотоаппарату или его монтировке таким образом, чтобы при наблюдении оно очерчивало поле зрения фотоаппарата. Нужно положение рамки можно подобрать днем по наблюдениям окружающих ярких предметов. Это положение следует отметить, чтобы при ночных наблюдениях рамку можно было легко установить. Рамка не мешает и при фотографировании через подвижную следящую фотокамеру.

Следящие фотокамеры

Для получения точечных изображений звезд необходима своего рода экваториальная установка фотокамеры; довольно часто ее устанавливают соосно с гидирующим телескопом.

Если такого телескопа нет, то можно сделать простую монтировку только для фотокамеры. Слежение за звездами можно осуществлять ручным способом; соответствующая установка малогабаритна, и ее легко перемещать с места на место. Но часто для слежения за звездами в фотокамерах, как и в телескопах, используется электропривод. Однако в любом случае ось фотокамеры должна быть достаточно точно ориентирована на полюс, причем чем длиннее фокус объектива и продолжительнее экспозиция, тем точнее должна быть ориентирована ось прибора.

Даже при хорошем качестве привода в процессе длительной экспозиции различные ошибки обычно накапливаются, что приводит к смещению изображения звезды; поэтому при фотографировании необходима соответствующая коррекция, особенно при использовании длиннофокусных объективов. Если фотокамера установлена на большом телескопе, последний может служить гидом при фотографировании. На установках, предназначенных исключительно для фотографирования небесных тел, гидирование может осуществляться специальным небольшим длиннофокусным рефрактором. В обоих случаях гидирование можно производить по любой яркой звезде, так как фотокамера и телескоп могут быть направлены в несколько различные области неба.

Таблица №7

Фотографирование

Неподвижная камера
Фотокамера с часовым механизмом (без гидирован
Фотокамера с часовым механизмом и гидом
Телескоп + фотокамера с собственным объекти
Фотографирование в прямом фокусе телеско
Фотографирование через окуляр телескопа

Фотографирование с помощью телескопа

Условия видимости существенно влияют на качество астрономической фотографии, особенно это заметно при фотографировании в телескопы и при длительных экспозициях. Атмосферные помехи обычно значительно слабее сказываются на качестве фотографий, чем неправильная установка полярной оси телескопа или несовершенство механической части и системы гидирования.

Фотографирование небесных тел можно производить непосредственно через окуляр телескопа; при этом фотокамера, установленная за окуляром, и сам окуляр должны быть сфокусированы на бесконечность. Качество изображения значительно улучшается, если снимки делать в фокальной плоскости телескопа. При этом кассета с фотографической пленкой или пластинкой устанавливается в первичном фокусе телескопа. Фотографирование

в первичном фокусе позволяет лучше использовать свет, собираемый объективом. Масштаб изображения определяется фокусным расстоянием объектива телескопа; если это расстояние выразить в миллиметрах, деленных на градусы (мм/град), то оно приблизительно равно фокусному расстоянию в миллиметрах, деленному на 57,3. Так, телескоп с фокусным расстоянием 1200 мм (диаметром объектива 150 мм и фокальным отношением $f/8$) создает в прямом фокусе изображение размером около 21 мм/град, и при фотографировании на 35-миллиметровой фотопленке удастся получить изображение участка звездного неба площадью 1,7 x 1,1 квадратных градусов. Это значительно больше нормального поля зрения невооруженного глаза, поэтому внефокальные изображения на краю кадра искажаются из-за кривизны поля телескопа. (Чтобы избежать или уменьшить влияние кривизны поля, изготавливают специальные объективы с плоским фокальным полем.)



Рис. 58. Получение цветных фотографий планет сопряжено с большими трудностями. На снимке Юпитера, полученном с помощью катадиоптрического телескопа с объективом диаметром 200 мм (8 дюймов), видны структурные полосы и Большое Красное Пятно. При визуальных наблюдениях этот телескоп позволяет увидеть на поверхности Юпитера значительно больше деталей.

Другие aberrации, особенно кома, характерные для телескопов системы Ньютона, наиболее сильно проявляются на краю поля зрения. В некоторых случаях кривизна поля и другие aberrации уменьшаются с увеличением фокусного расстояния, поэтому иногда полезно изменить эффективное фокальное отношение телескопа.

Качество изображения можно улучшить либо с помощью линзы Барлоу (с. 85), либо при фотографировании через окуляр, который, кроме того, увеличивает изображение. К последнему способу прибегают довольно часто, особенно при фотографировании планет. Линейный диаметр изображения Луны в прямом фокусе телескопа с фокусным расстоянием 1200 мм составляет 10,9 мм. (То же относится и к Солнцу, видимый диаметр которого, как и у Луны, составляет около 30'; правда, при фотографировании Солнца, как уже говорилось, следует соблюдать особые предосторожности.) Диаметры изображений таких планет, как Венера и Юпитер (их наибольшие видимые угловые диаметры достигают 60" и 45" соответственно), составляют в фокальной плоскости названного телескопа всего 0,35 и 0,24 мм, так что для изучения планет необходимо повысить увеличение. Но увеличение изображения неизбежно уменьшает его яркость, и тогда требуются длительные экспозиции со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Для фотографирования туманностей и других протяженных объектов с помощью длиннофокусного телескопа с большим диаметром объектива необходимо устройство, укорачивающее фокус (см. с. 85). Чем короче эффективное фокусное расстояние и больше светосила (т.е. меньше фокальное отношение), тем короче нужна экспозиция, правда, изображение при этом уменьшается, что в свою очередь требует большего увеличения.

Для фокусировки фотокамеры используются переходники, соединяющие ее с подвижной фокусирующей трубой телескопа. Одна из важнейших проблем фотографирования в телескоп-нахождение точного положения главного фокуса. Применять для этих целей имеющиеся в продаже фокусирующие экраны очень неудобно, так как они предназначены для наведения на яркие объекты. В астрономической практике такие экраны

в лучшем случае могут использоваться при фотографировании Луны и других ярких небесных тел. Если вы располагаете более дорогими и сложными фотокамерами с набором взаимозаменяемых экранов, то для астрономических целей вполне подойдет прозрачный экран с нанесенным на него крестом нитей. Соединив фотокамеру с увеличительной линзой окуляра, прежде всего убедитесь, что изображение креста нитей четкое. Здесь, разумеется, вы вполне обойдетесь без телескопа; достаточно просто навести камеру без объектива на равномерно освещенную поверхность, например на лист бумаги. После этого зафиксируйте положение фокуса увеличительной линзы окуляра. Далее, глядя через эту линзу, добейтесь с помощью окуляра телескопа четкого изображения как небесного тела, так и креста нитей.

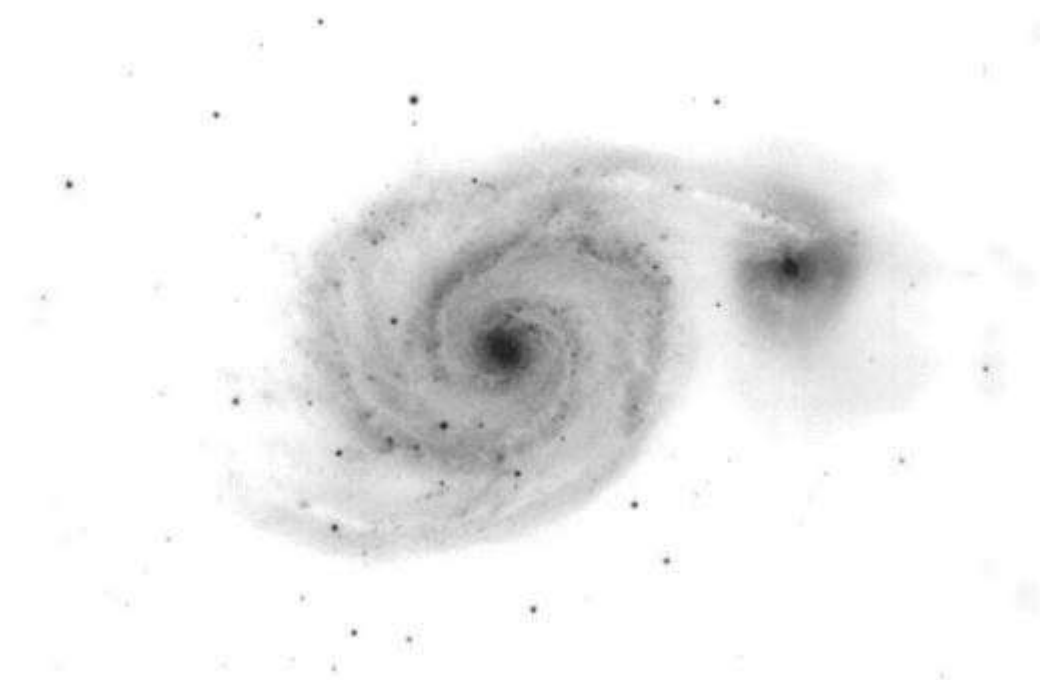


Рис. 59. На негативах иногда удается разглядеть больше деталей, чем на обычных снимках. Здесь представлены фотография и негатив спиральной галактики M51 в созвездии Гончие Псы.

Фотокамеры других типов, возможно, позволят вам сфокусировать изображение непосредственно на фотопленке. Идеальной была бы фокусировка с помощью экрана, о котором говорилось выше. (Такой экран сравнительно легко изготовить самостоятельно, нарисовав тонкие линии на матовом стекле.) Другой метод основан на использовании «лезвия ножа», который помещают на месте фотопленки. Глядя в фотокамеру, когда телескоп наведен на яркую звезду, вы увидите освещенный кружок. Перемещение звезды (обусловленное суточным вращением небесной сферы) поперек лезвия приводит к постепенному ослаблению света и исчезновению звезды, если лезвие расположено не в фокусе; если лезвие находится точно в фокусе, то оно начнет закрывать изображение с одной стороны, пока то совсем не исчезнет. (Этот метод, известный под названием «метод Фуко», широко применяют при исследовании качества зеркала.) Следует отметить, что описанные методы в большей степени применимы к фотокамерам старых конструкций, в которых используются фотопластинки, а не к современным, приспособленным под 35-мм фотопленку. Для современных камер, возможно, придется изготовить дополнительное фокусирующее приспособление, с помощью которого экран или лезвие бритвы устанавливаются точно на том же расстоянии от конца фокусирующего устройства телескопа, что и пленка фотокамеры.

Гидирование

Чтобы удержать фотографируемую звезду в поле зрения телескопа, чаще всего используют второй небольшой гидирующий телескоп, соосный с основным. Обычно гидирующим телескопом служит длиннофокусный рефрактор, который крепят к основному. При фотографировании гидирующий телескоп лучше всего настроить на яркую звезду, расположенную вне поля зрения основного телескопа. В окуляре гидирующего телескопа должен быть крест, который обычно делают из стеклянных нитей и даже из паутины, иногда крест нитей гравировуют на стекле. Поскольку ошибки сопровождения чаще случаются при работе с большим увеличением, когда фон неба темный и крест нитей практически не виден, крест нитей иногда подсвечивают слабым светом.

В отсутствие гидирующего телескопа звезды можно «удержать» в поле зрения телескопа во время фотографирования с помощью полупрозрачного диагонального зеркала или специальной призмы, которые направляют часть света фотографируемой звезды в окуляр гидирующей системы.

Фотопленки и продолжительность экспозиции

Фотопленку для фотографирования небесных объектов обычно подбирают экспериментальным путем, так как правильный выбор зависит не только от исследуемого объекта, но и от телескопа, фотокамеры, самого наблюдателя и т.д. Наблюдателю приходится действовать с учетом таких факторов, как допустимый размер зерна фотоэмульсии, нужное время экспозиции и необходимое увеличение. Высококочувствительные крупнозернистые пленки, допуская короткие экспозиции, позволяют фотографировать в редкие минуты наступления хорошей видимости; с таких пленок нельзя делать крупномасштабных отпечатков.

Для фотографирования ярких объектов типа Луны пригодны малочувствительные

черно-белые мелкозернистые фотопленки, позволяющие получать очень контрастные негативы, с которых можно делать качественные крупномасштабные фотографии. Для фотографирования более слабых объектов, подобных планетам, нужны более чувствительные пленки; однако многие опытные наблюдатели предпочитают малочувствительные мелкозернистые пленки, хотя необходимые в таком случае длительные экспозиции усложняют процесс гидирования. Цветные пленки по своей природе менее удобны при получении снимков с большим увеличением; кроме того, при длительных экспозициях у них возможно искажение цвета. На некоторых фотопленках небесный фон может получиться зеленым, так как они чувствительны к слабому излучению земной атмосферы, на других, менее чувствительных в этом спектральном диапазоне, фон неба остается черным. (Однако с цветовыми искажениями можно бороться либо с помощью подходящих светофильтров, — чаще всего они нужны при длительных экспозициях, — либо соответствующей обработкой фотопленки в лаборатории.)

При слабой освещенности глаз сравнительно мало чувствителен к цветам, поэтому фотографии, как правило, богаче цветовыми оттенками. Черно-белые фотопленки нечувствительны к красному свету, но очень чувствительны к зеленому; по этой причине оценки звездных величин по фотографиям (фотографические звездные величины) отличаются от визуальных. Фотографии, сделанные через желтый светофильтр (например, Wratten 8)⁴, создают изображение, близкое к тому, что видит глаз. Правда, чтобы при использовании фильтров достичь той же предельной звездной величины, что и при фотографировании без светофильтра, необходимы более продолжительные экспозиции.

Одной из проблем астрономической фотографии, на которую часто обращают внимание, является искажение в передаче цвета при фотографировании на цветную пленку. Продолжительность экспозиции при фотографировании небесных тел иногда в сотни раз превышает выдержки, применяемые при обычном фотографировании, однако это не приводит к соответствующему усилению почернения эмульсии. Все стандартные рекомендации по фотографированию на обычную фотопленку исходят из того, что время экспозиции не превышает нескольких секунд. Следовательно, на практике выбор продолжительности экспозиции при фотографировании небесных тел должен производиться не на основании стандартных рекомендаций, а экспериментальным путем, методом проб и ошибок. Поэтому при длительных экспозициях необходимо фиксировать точное время начала и конца экспозиции, а также подробно описывать используемый инструмент и условия наблюдений.

Цветные прозрачные пленки в основном пригодны для широкомасштабного фотографирования созвездий и Млечного Пути. На них вполне реалистически воспроизводится также северное сияние и серебристые облака. Хотя в наши дни высокочувствительные фотоматериалы не редкость, получение цветных негативных изображений небесных тел не получило широкого распространения — в основном в астрофотографии по-прежнему используют черно-белую фотопленку. Самые современные хромогенные пленки, допускающие экспозиции в широком интервале продолжительности, очень удобны при фотографировании звездных полей и объектов, существенно отличающихся по яркости.

⁴ В СССР используются также стеклянные желтые и светло-зеленые фильтры типа ЖС-18(1,5 мм) + СЗС-21 (1 мм). — *Прим. перев.*



Рис. 60. На фотографии созвездия Орион, полученной с экспозицией 25 с (пленка ASA 200, диаметр объектива 50 мм, фокальное отношение $f/2,8$), различимы примерно те же детали, что и при наблюдении невооруженным глазом.

Рис. 61. Окрестности пояса Ориона. Фотография получена на телескопе с объективом диаметром 135 мм при экспозиции 5 мин; при этом использовалась система слежения.
По сравнению с предыдущим снимком здесь видно значительно больше звезд в центральной области созвездия Орион.

Полученные снимки астрономических объектов лучше проявлять в домашней фотолаборатории, разработав собственную методику проявления и контролируя этот процесс. В специализированных фотолабораториях по вполне понятным причинам это сделать невозможно. Но если вы все же решите отдать пленку на обработку в фотолабораторию, предупредите, чтобы ее не разрезали на кадры, как это обычно делается при изготовлении слайдов. При разрезании кадры могут перепутаться. В любом случае для проведения измерений по определению положения небесных тел нужно знать точно положение края кадра.

Сторм Данлоп Азбука звездного неба. Часть 2



«Азбука звездного неба»: Мир; Москва; 1990

Аннотация

Книга известного английского популяризатора астрономии, члена Королевского астрономического общества Сторма Данлопа представляет собой увлекательный путеводитель по звездному небу. Автор подробно рассказывает о разнообразных небесных объектах, дает полезные практические советы по их наблюдению и изучению. Прекрасные фотографии, карты, таблицы, дополняя изложенное, способствуют его более глубокому пониманию.

Адресована любителям астрономии - от учащихся средних школ до специалистов, особенно полезна преподавателям астрономии, руководителям астрономических кружков, популяризаторам науки.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ. ИЗУЧЕНИЕ НЕБА

Зодиакальный свет и противосияние

При благоприятных атмосферных условиях перед восходом Солнца на востоке или после захода Солнца на западе удастся увидеть зодиакальный свет — слабое вытянутое по небу конусообразное свечение, которое иногда можно спутать с зарей. Так как зодиакальный свет по форме представляет собой часть эллиптической поверхности с центром в Солнце, которая вытянута вдоль эклиптики, то его лучше наблюдать, когда эклиптика расположена выше всего над горизонтом. В Северном полушарии наилучшие условия наблюдения зодиакального света приходятся на весну, когда он виден в западной части неба, и на осень,

когда он виден на востоке. Для жителей Южного полушария сезоны наблюдения противоположны. Наблюдатели, находящиеся на экваторе, имеют возможность видеть зодиакальный свет круглый год.

Зодиакальный свет возникает вследствие рассеяния солнечного света частицами космической пыли, в основном сосредоточенными в пространстве между орбитой Земли и Солнцем. Частицы пыли, находящиеся «снаружи» земной орбиты, отражают небольшое количество света назад, в направлении Солнца и Земли. (По мнению ученых, малая интенсивность отраженного космическими пылинками света объясняется их небольшими размерами и очень темным цветом.) Тем не менее в точке эклиптики, диаметрально противоположной Солнцу, заметно слабое светящееся пятно небольших размеров, которое называют противосиянием. Существует очень слабая полоса света, как бы соединяющая области зодиакального свечения и противосияния, но без специального оборудования увидеть ее нелегко, лишь в редких случаях это удается наблюдателям с острым зрением.

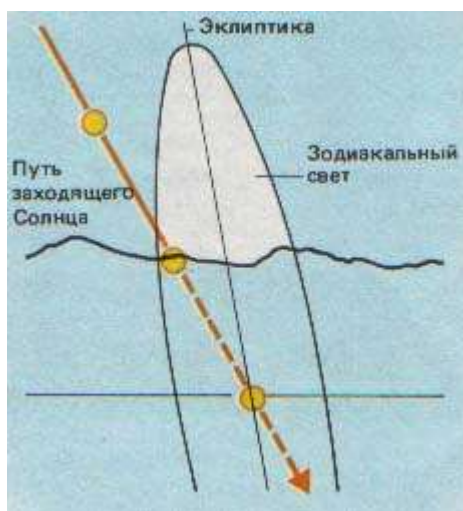


Рис. 62. Тонкий конус зодиакального света наиболее заметен, когда эклиптика находится высоко над горизонтом.

Самая заметная область зодиакального света сравнима по яркости с центральной частью Млечного Пути. Поэтому ее можно заснять на обычную пленку с помощью неподвижной или следящей фотокамеры при продолжительности экспозиции 10-30 мин. На фотографии вы обнаружите, что область, охваченная зодиакальным светом, у основания значительно протяженнее и шире, чем кажется невооруженному глазу. Чтобы получить более полное представление о распределении зодиакального света, необходимы широкоугольные объективы: по возможности используйте объектив с фокусным расстоянием менее 24 мм (для камеры с 35-миллиметровой пленкой). При фотографировании следите, чтобы фон неба и утренние сумерки не забивали зодиакальный свет и не уменьшали его контрастности. Фотографирование противосияния требует более длительных экспозиций; в остальном же здесь возникают примерно те же трудности, что и при фотографировании зодиакального света. Чтобы получить достаточно хорошее изображение такого слабого и низкоконтрастного объекта, как противосияние, необходимо использовать камеру с широкоугольным объективом.

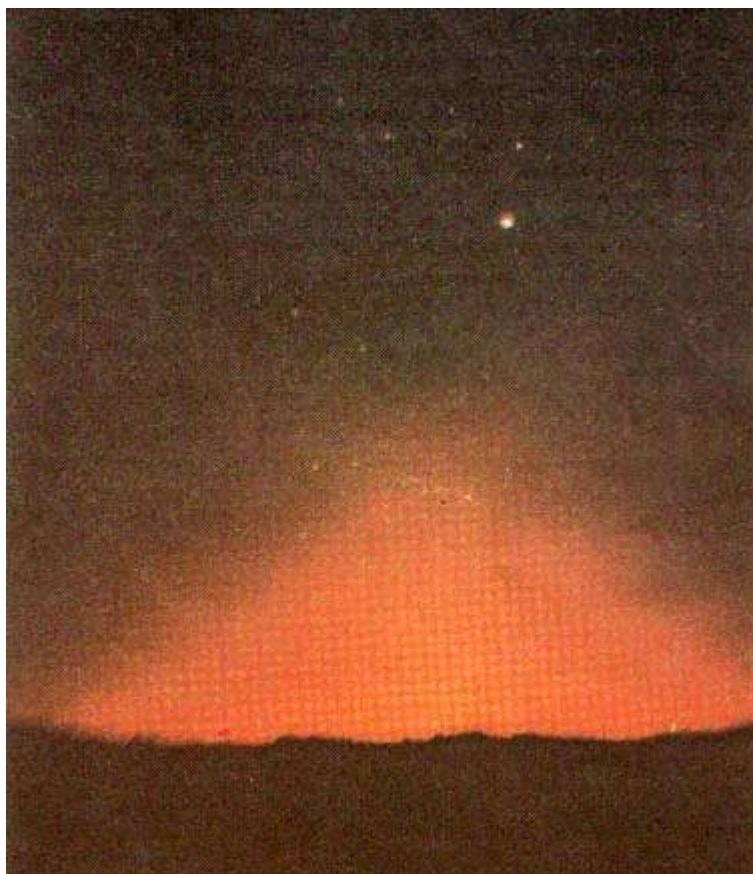


Рис. 63. Конус зодиакального света в восточной части неба над горизонтом, видимый на фоне созвездия Льва. На фотографии различимы планеты Сатурн, Юпитер и Марс.

Зодиакальный свет можно спутать с рядом атмосферных явлений, многие из которых обусловлены свечением пыли, выбрасываемой в верхние слои атмосферы при извержении вулканов. Обычно такие атмосферные свечения, как и сумерки, по форме напоминают дугу окружности с центром в Солнце и этим отличаются от специфического распределения зодиакального света, суживающегося в виде конуса.

Полярные сияния

Полярные сияния чаще всего наблюдаются в двух неправильной формы зонах, окружающих северный и южный магнитные полюсы Земли и простирающихся на широтах 60-70°. Полярные сияния иногда называют Северной и соответственно Южной Авророй — в честь римской богини утренней зари. Иногда полярные сияния наблюдались даже в Сингапуре, расположенном вблизи магнитного экватора. Так что, в какой бы точке Земли вы ни находились, не теряйте надежды хоть мельком увидеть это красивейшее явление. Несомненно, полярное сияние видели многие, но не обращали внимания, не подозревая, что они наблюдают.



Рис. 64. Многоярусная картина полярного сияния. Заметны характерные детали, похожие на «шторы», а также отчетливые лучевые структуры.

Полярные сияния возникают при вторжении в верхние слои атмосферы заряженных частиц высокой энергии из земной магнитосферы. Сталкиваясь с различными атомами земной атмосферы, они возбуждают их, вызывая свечение. В основном полярные сияния происходят на высотах 100-115 км, но иногда они наблюдаются как гораздо ниже, до 70 км, так и выше — на высоте до 300 км. Были зарегистрированы полярные сияния даже на высоте 1000 км. Заметим для сравнения, что серебристые облака наблюдаются на высоте около 80 км, а метеоры образуются на высотах 50-150 км.

Количество полярных сияний тесно связано с циклом солнечной активности, точнее, с солнечными пятнами и достигает максимума спустя год-два после максимума солнечной активности. Нередко яркие полярные сияния возникают во время мощных вспышек на Солнце. Повторение некоторых полярных сияний через 26-28 дней (период обращения Солнца вокруг своей оси) указывает на их связь с долгоживущими наиболее активными областями на поверхности Солнца.

Полярные сияния принимают самые разнообразные формы; их более детальную классификацию можно провести на основе их структуры и характера активности. Довольно часто наблюдению доступна лишь верхняя часть сияния, возникающая над горизонтом в направлении на полюс, а это затрудняет распознавание самого полярного сияния. Так, разрозненные «кочки» полярных сияний можно ошибочно принять за отдельные облака, а пелену и вершины «арок» сияния — спутать с туманом. Однако в отличие от облаков и тумана полярные сияния не закрывают звезд.



Рис. 65. Арка полярного сияния с резко очерченной нижней границей и размытой верхней.

При наблюдениях попытайтесь измерить протяженность полярного сияния и проследить за характером изменения его границ со временем. Это сравнительно легко сделать, оценивая размеры на глаз (лю используя простейшие приборы, описанные во многих книгах и руководствах. Определение высоты (и азимута) оснований арок и полос полярного сияния имеет важнейшее значение, ибо сравнивая результаты аналогичных измерений, проведенных в других местах, можно определить, на каком расстоянии и высоте возникло полярное сияние.

Разнообразна цветовая гамма полярных сияний, хотя ее восприятие во многом зависит от зрения наблюдателя. Так, наиболее часто наблюдается бледно-зеленый и красный цвет, однако каким-то наблюдателям то же самое полярное сияние может показаться бесцветным. Цвет сияния зависит от высоты, особенно у полярных сияний с вытянутой лучевой структурой. По этой причине особенно интересны цветные фотографии, полученные на высокочувствительной пленке, поскольку они дают богатую информацию о распределении цвета и яркости в различных участках полярного сияния.

Фотографирование полярных сияний

Фотографирование полярных сияний — чрезвычайно интересное занятие. Для этих целей наиболее подходит неподвижно закрепленная фотокамера. Следует иметь в виду, что для серьезных параллактических измерений, т.е. измерений, связанных с определением направления и высоты полярных сияний над землей, фотокамеру следует монтировать на установке, допускающей наводку по высоте и азимуту. Чтобы различные наблюдатели могли

получить фотографию одной и той же области полярного сияния, наведение фотокамер у них должно быть согласовано. По этой же причине проводите фотографирование через каждые 15 мин в течение каждого часа, т.е. экспозиции должны начинаться только в 0, 15, 30 и 45 мин после наступления очередного часа (по всемирному времени). Такая последовательность фотографирования облегчает прямое сравнение снимков одной и той же области, полученных разными наблюдателями.

Наиболее подходят для этих целей стандартные и широкоугольные объективы с большой апертурой, которая позволяет проводить фотографирование с короткими экспозициями. При светосиле объектива близкой к $D/f = 1/1,8$ и использовании пленки с чувствительностью 400 ASA (как цветной, так и черно-белой) можно рекомендовать начать с экспозиций 15-30 с. Если полярное сияние очень активное и в нем заметны быстро движущиеся крупномасштабные детали, то для получения контрастных снимков, возможно, потребуются и более короткие экспозиции. При фотографировании старайтесь, чтобы в каждый снимок попала часть горизонта — это поможет в дальнейшем точно определить высоту расположения различных деталей полярного сияния. Как и при фотографировании других астрономических явлений, всегда записывайте условия, при которых получен снимок, детали используемой установки, время и длительность экспозиции.

Серебристые облака

Серебристые облака — это атмосферные явления, которые возникают на высоте около 80 км над поверхностью Земли и в основном наблюдаются в средних широтах, 45-60°, на протяжении нескольких недель до и после летнего солнцестояния. В этот период сумерки на указанных широтах продолжаются почти всю ночь, и Солнце, находясь под горизонтом, все же освещает облака. По этой причине серебристые облака не наблюдаются ближе к экватору. Они имеют тонкую структуру в виде волн, гребешков, полос или вихрей с серебристыми и голубоватыми оттенками, а у горизонта иногда окрашиваются в золотистый цвет. Картина серебристых облаков довольно изменчива: струи, гребешки и другие структуры все время перемещаются относительно друг друга в самых разных и даже противоположных направлениях. На первый взгляд может показаться, что серебристые облака имеют много общего с обычными перистыми облаками, но их нетрудно отличить, если помнить, что серебристые облака образуются в атмосфере на высоте, в 10 раз большей, чем обычные, что они появляются ближе к полуночи и вытянуты в направлении к полюсу. Как и полярные сияния, серебристые облака настолько прозрачны, что не ослабляют свет ярких звезд.

Рис. 66. Наиболее характерная картина серебристых облаков, запечатленная в полночь (Шотландия).

Природа серебристых облаков пока еще не вполне ясна. По-видимому, они состоят из мельчайших частиц, покрытых льдом и потому отражающих солнечный свет. Откуда берутся эти частицы на таких высотах, тоже не ясно. Не исключено, что это частицы метеорной пыли, ионы или даже вулканическая пыль, попавшая на столь значительные высоты при сильных вулканических извержениях. Движение серебристых облаков связывают с ветрами, господствующими в верхней атмосфере, но высота расположения облаков и некоторые другие их особенности, возможно, определяются восходящими потоками воздуха, формирующимися над горами. Интересно отметить, что серебристые облака появляются в периоды, не благоприятные для наблюдения полярных сияний. Но их наблюдение можно проводить теми же методами и с помощью тех же инструментов, что и наблюдение полярных сияний: как визуально (когда их можно классифицировать по форме), так и фотографически. Наблюдения следует проводить через определенные промежутки времени, скажем, через 15 мин, отмечая изменения в структуре облаков и характере их

движения. Нетрудно произвести угловые измерения расположения отдельных деталей облаков.

Фотографирование серебристых облаков

Фотографирование серебристых облаков производится примерно так же, как и полярных сияний: в идеале необходимо направить неподвижную фотокамеру в ту же область неба, что и у других наблюдателей, проведя серию экспозиций через определенные фиксированные интервалы времени. Так как серебристые облака ярче полярных сияний, для их фотографирования можно использовать менее чувствительную (и более контрастную) мелкозернистую пленку или камеру с меньшей апертурой. Возможно, время экспозиции придется уменьшить; это обусловлено не только быстрым перемещением облаков, но и тем, что яркий фон сумеречного неба может засветить пленку. Особенно эффектны цветные снимки; некоторые типы фотопленки, например Кодакхром, способны передать всю гамму естественного цвета облаков. При относительном отверстии объектива $D/f = 1/2$ и пленке с чувствительностью 100 ASA можно начать с экспозиции продолжительностью 5, 3 и 1 с. Как и при фотографировании полярных сияний, старайтесь приступать к фотографированию в начале каждого часа, делая снимки через 15 мин.



Рис. 67. Только в летние месяцы серебристые облака могут освещаться Солнцем; наблюдатель в это время находится в тени Земли.

Метеоры

Кратковременные вспышки, возникающие в земной атмосфере при вторжении в нее быстро движущихся мельчайших твердых частиц, получили название метеоров (иногда метеоры неправильно называют «падающими звездами»). Сравнительно крупные частицы могут вызвать очень яркую вспышку. Вспышки, блеск которых превышает звездную величину — 5 m (это больше максимального блеска Венеры), называют болидами. В межпланетном пространстве вокруг Солнца движется множество частиц различных размеров — так называемых метеорных тел. Попадая в атмосферу Земли, метеорные тела вследствие трения могут полностью сгореть или разрушиться. Однако наиболее крупные из них сгорают не до конца, и их остатки могут упасть на поверхность Земли; их называют метеоритами. Падение метеорита сопровождается ярким огненным следом.

Поиск метеоритов на поверхности Земли — задача исключительной научной важности, поскольку это единственные небесные тела, которые можно подробно изучать в лабораториях, исключая, конечно, те небольшие образцы лунного грунта, которые были доставлены на Землю астронавтами и автоматическими аппаратами. Даже если ваши «астрономические интересы» не связаны с изучением метеоров, вы тем не менее должны представлять, какую информацию может принести наблюдение этих явлений.

Наблюдение метеоров

Метеоры можно увидеть в любую ясную ночь, а при благоприятных атмосферных условиях даже невооруженным глазом можно заметить 5-10 метеоров в час. Это так называемые спорадические метеоры, связанные с вторжением в земную атмосферу отдельных частиц. Поскольку эти частицы обращаются вокруг Солнца по произвольным орбитам, они могут случайно возникнуть на небе в самых неожиданных местах. Помимо отдельных частиц вокруг Солнца движутся целые их рои. Многие из них порождены распадающимися или распавшимися кометами. Каждый метеорный рой обращается вокруг Солнца с постоянным периодом и многие из них в определенные периоды года встречаются с Землей. В такие периоды число метеоров значительно возрастает, и тогда говорят о метеорных потоках.

Как в космическом пространстве, так и вторгаясь в земную атмосферу, частицы метеорного потока движутся примерно параллельно, но вследствие перспективы создается впечатление, что они вылетают из ограниченной области неба, которую называют радиантом. Метеорные потоки обычно именуют по созвездиям, в которых лежат соответствующие им радианты. Данные о некоторых наиболее известных метеорных потоках приведены в таблице. Иногда метеорные потоки называют по имени той кометы, с которой они связаны. Так, метеорный поток Биэлиды (или Андромениды) получил свое название от распавшейся кометы Биэлы, а Якобиниды (или Дракониды) — от комет Якобини — Циннера.

Активность метеорного потока характеризуют числом метеоров, наблюдаемых за час. Числа, приведенные в таблице, характеризуют активность потока, которую опытный наблюдатель может зарегистрировать при благоприятных условиях в направлении зенита. Совершенно очевидно, что наблюдаемое число метеоров зависит от общих условий видимости, к тому же из-за поглощения света в атмосфере метеоры, вспыхивающие ближе к горизонту, кажутся слабее. Серьезную помеху при наблюдении метеоров создает лунный свет, особенно в периоды за 5-6 дней до и после новолуния; по этой причине в отдельные годы вообще не удается наблюдать некоторые метеорные потоки. Кроме того, интенсивность метеорного потока меняется год от года, и в зависимости от характера распределения метеорных частиц в рое эти изменения могут быть значительными.

Таблица №8

Метеорные потоки

Название	Максимум	Период активности
Квадрантиды	4 января	1 января – 6 января
Лириды	22 апреля	19 апреля – 25 апреля
η -Аквариды	5 мая	24 апреля – 20 мая
α -Скорпиониды	28 апреля	20 апреля – 19 мая
δ -Квадриды	28 июля	15 июля – 20 августа
Персеиды	12 августа	23 июля – 20 августа
Ориониды	21 октября	16 октября – 26 октября
Тауриды	3 ноября	20 октября – 30 ноября
Леониды	17 ноября	15 ноября – 20 ноября
Пупиды-Велиды	8 декабря и 25 декабря	27 ноября – 9 января
Геминиды	13 декабря	7 декабря – 15 декабря

Компактный метеорный рой может породить метеорные, или звездные, дожди. Примером может служить метеорный поток Леониды, который вызывал звездные дожди большой интенсивности в 1799, 1833 и 1866 гг. (а возможно, и в более ранние исторические эпохи); но он практически исчез в 1899 и 1932 гг. Предполагается, что его исчезновение связано с гравитационным влиянием Юпитера и Сатурна на орбиту этого роя. Однако в 1966 г. интенсивность потока оказалась столь высокой, что за 20 мин удалось наблюдать около 150 тыс. метеоров. Это был поистине невероятный метеорный дождь. Например, такие известные метеорные потоки, как Квадрантиды, Персеиды и Геминиды, порождают не более 50 метеоров в час. Число метеоров также меняется в течение ночи. Перед полуночью наблюдаются только те метеоры, которые создаются частицами, «догоняющими» Землю, и поэтому скорость их вхождения в атмосферу мала. После полуночи частицы и Земля движутся навстречу друг другу, и поэтому их относительная скорость равна сумме скоростей. Поскольку яркость метеора существенно зависит от скорости входа метеорной частицы в атмосферу (чем она больше, тем метеор ярче и лучше видим), наблюдаемое число метеоров возрастает после полуночи.



Рис. 68. Метеоры одного потока входят в атмосферу по параллельным траекториям, но с учетом перспективы кажется, что они исходят из одной точки неба-радианта.

Вследствие вращения Земли вокруг Солнца и своей оси метеоры, входящие в атмосферу после полуночи, движутся с большими относительными скоростями и ярче вечерних, поэтому под утро их наблюдается значительно больше, чем вечером.



Рис. 69. На фотографии заметны лишь некоторые из многих тысяч метеоров, которые удалось наблюдать в 1966 г. во время обильного звездного дождя, связанного с метеорным потоком Леониды.



Рис. 70. Метеорный поток Персеиды порождает много ярких метеоров и болидов.

Визуальные наблюдения

Визуальные наблюдения метеоров лучше проводить группой. В этом случае каждый наблюдатель следит за своим участком неба, а кто-то один контролирует время и записывает результаты наблюдений. Однако и одному человеку по силам провести достаточно интересные и ценные наблюдения. Так как метеоры возникают неожиданно, через произвольные интервалы времени, необходимо подготовиться к циклу наблюдений продолжительностью 30 мин каждое. После каждого 30-минутного периода наблюдений нужно сделать небольшой перерыв. Сидя (или лежа) неподвижно в течение даже 30 мин, вы быстро замерзнете, поэтому старайтесь одеваться теплее. Не забывайте отмечать точное время начала и конца наблюдений.

Для наблюдений лучше выбрать участок неба, удаленный на 45° от радианта и находящийся как можно выше над горизонтом. Один человек не в состоянии охватить наблюдениями все небо, поэтому сосредоточьте все внимание только на выбранном вами участке.

Заранее заготовьте несколько звездных карт и оберните их в прозрачный полиэтилен (в конечном счете вам потребуется только одна карта — того участка неба, который вы выбрали для наблюдений). До и после каждого периода непрерывных наблюдений оцените звездную величину самой яркой звезды наблюдаемого участка неба. Это позволит судить об условиях наблюдений и при необходимости внести поправки в оценку скорости падения метеоров.

В идеале следует отмечать следующие данные по каждому метеору: время появления, длина пути, тип, яркость и различные особенности. При наблюдениях очень интенсивных метеорных потоков получение подробной информации по каждому метеору нереально. Наибольший интерес представляет информация, касающаяся последних трех из перечисленных пунктов. Далее мы обсудим их более подробно.

Длина пути. Отметить путь метеора не составляет особого труда. Увидев метеор, натяните вдоль его траектории кусок веревки или, еще лучше, «отметьте» его прямой палкой, это поможет вам определить путь метеора среди звезд. Оцените местоположение начала и конца пути и, по возможности, заметьте положение хотя бы одной точки в середине траектории. Например: траектория началась в точке, лежащей на одной трети расстояния между звездами и Льва, прошла вблизи Льва и закончилась на половине расстояния между и Девы. Зарисуйте траекторию метеора на звездной карте. Здесь могут возникнуть трудности, поскольку траектория метеора получается прямой только на звездных картах, сделанных в специальной проекции. Такие карты нелегко достать и ими трудно пользоваться, так как изображение звездного неба на них сильно искажено. На других картах траектории метеоров криволинейны, но, несмотря на это, если аккуратно и точно нанести положение начальной и конечной точек траектории, то при необходимости можно

рассчитать всю траекторию и орбиту метеора. При наблюдениях метеорного дождя достаточно отметить только созвездие, через которое прошел метеор.

Тип метеора. Каким образом установить, относится ли данный метеор к спорадическим или он связан с тем или иным метеорным потоком. Это можно сделать, проследив мысленно (или продлив направление указательной палки) след метеора «назад», посмотрев, проходит ли он через радиант какого-нибудь активного в данную ночь метеорного потока. Если продолжение следа метеора проходит в пределах 4° от радианта, то можно с уверенностью говорить о принадлежности метеора к данному потоку. Отметьте положение радианта на своей звездной карте. (Нужно помнить, что при движении Земли через поток метеорных частиц радиант медленно перемещается среди звезд. Данные о суточном перемещении радианта можно найти в соответствующих астрономических календарях.)

Яркость метеоров. По яркости метеора можно судить о размерах и скорости движения метеорной частицы. В отличие от оценки блеска переменных звезд точность оценки блеска метеоров невелика: так, неопределенность в 0,5 звездной величины здесь можно считать вполне приемлемой. Такой точности не трудно добиться, научившись быстро сравнивать по яркости метеор и звезды в наблюдаемой области неба; достаточно отметить, что блеск метеора лежит где-то в пределах между значениями блеска двух звезд сравнения. Не пытайтесь запоминать численные значения звездных величин многих звезд — проще запомнить их названия (или отметить их на звездной карте), а их звездные величины лучше посмотреть уже после наблюдений. Звезды сравнения старайтесь выбирать поблизости от метеорного следа, чтобы поглощение света одинаково сказывалось как на метеоре, так и на звездах сравнения. Определенные трудности могут возникнуть при оценке блеска ярких метеоров, так как в наблюдаемой области, возможно, не окажется достаточно ярких звезд. В этом случае можно порекомендовать зрительно представить яркость Сириуса (его блеск равен $-1,4m$) или мысленно сравнить яркость метеора с яркостью Юпитера или Венеры (соответственные звездные величины $-2,4m$ и $-4,3m$).

Особые детали. Некоторые метеоры оставляют за собой устойчивый яркий след, который сохраняется долгие секунды. При наблюдениях таких метеоров необходимо отмечать длительность существования следа, изменения в его форме и положении. Поскольку метеоры с устойчивыми следами довольно редкое явление, любые их наблюдения представляют значительный интерес. У ярких метеоров иногда удается отметить цвет и характер вспышки в конце его траектории.

Фотографические наблюдения

Фотографические наблюдения метеоров не представляют особых трудностей, но требуют немало терпения, так как на снимках получаются только яркие метеоры, и нужно сделать много экспозиций, чтобы получить снимок хотя бы одного из метеоров. Высокочувствительные фотопленки и широкоугольные объективы существенно облегчают решение этой задачи. Фотокамеру следует установить неподвижно; пусть вас не смущает, что звезды при длительных экспозициях получаются в виде черточек, поскольку это не мешает их отождествлению. Как и при визуальных наблюдениях, для фотографирования нужно выбрать область неба, удаленную на 45° от радианта и расположенную возможно выше над горизонтом. Некоторые наблюдатели-энтузиасты устанавливают сразу по несколько фотокамер, перекрывающих все небо, а кое-кто использует объективы типа «рыбий глаз». Если есть возможность, одновременно проводятся фотографические и визуальные наблюдения одной и той же области неба; в этом случае информация о наиболее ярких метеорах, заснятых фотокамерой, дополняется подробностями, полученными при визуальных наблюдениях. Фотография позволяет сравнительно легко получить информацию о яркости и положениях метеоров. Одно из важных преимуществ фотографического метода

наблюдения — возможность непрерывного «патрулирования» данной области неба.



Рис. 71. Производя визуальные или фотографические наблюдения метеоров из двух разных точек, удастся определить их высоту и пространственную траекторию.

При фотографировании одной и той же области неба двумя фотоаппаратами, разнесенными на многие километры, можно получить одновременно снимки одного и того же метеора с разных точек, по которым методом триангуляции удастся определить точную траекторию и высоту метеора. (Разумеется, аналогичную информацию можно получить и при визуальных наблюдениях, если их проводят наблюдатели, находящиеся в разных, удаленных друг от друга пунктах.) По возможности метеоры лучше фотографировать через быстро вращающийся обтюратор, установленный перед объективом. Обтюратор напоминает собой вентилятор с достаточно широкими лопастями, чтобы они могли перекрывать объектив фотокамеры. Благодаря обтюратору на изображении метеора получаются разрывы (порядка 10 в секунду), по которым можно рассчитать скорость метеора и даже определить его точную орбиту в пространстве. По изменению длины разрывов в изображении метеора можно судить о характере его торможения в верхних слоях атмосферы, а отсюда — получить представление о плотности вещества метеорной частицы.

Телескопические наблюдения

Наблюдения метеоров можно проводить с помощью телескопов и биноклей, но при этом требуется недюжинное терпение, так как область наблюдений ограничена небольшим полем зрения телескопа. Такие наблюдения позволяют увидеть очень слабые метеоры, что дает информацию о метеорных частицах очень малых размеров. Следует иметь в виду, что метеоры могут случайно попасть в поле зрения вашего телескопа при наблюдениях других небесных объектов-переменных звезд, галактик и т.д. В любом случае попытайтесь записать более подробные данные о направлении движения метеора, его блеске, цвете и скорости, при возможности сделайте быстрый набросок поля зрения телескопа и следа метеора.

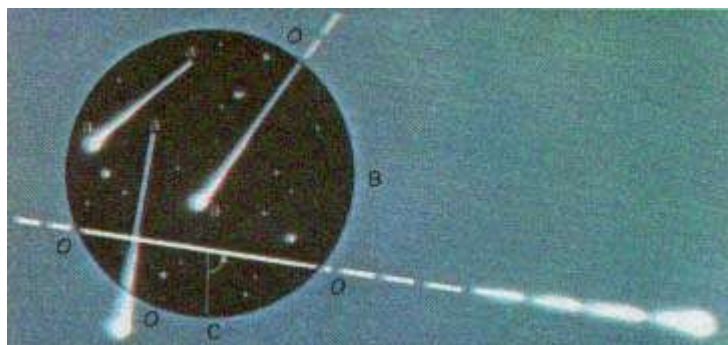


Рис. 72. При телескопических наблюдениях метеоров отмечают их начало и конец, если эти точки находятся внутри поля зрения (а) или вне его (О); последнее также наносят на карту. Позиционный угол метеорного следа отсчитывается к востоку от направления на север.



Рис. 73. Яркий болид, сфотографированный неподвижной фотокамерой с обтюратором (объектив «рыбий глаз»).

Болиды

Любой метеор ярче звездной величины -5 называют болидом. Блеск некоторых очень ярких болидов может достигать -15 . (Для сравнения заметим, звездная величина полной Луны равна -13 .) При ночных наблюдениях болидов постарайтесь использовать все возможные методы их исследований; особую ценность могут представлять фотографии, так как они позволяют узнать, упадет ли на Землю метеорное тело, породившее болид, и даже помогут определить наиболее вероятное место его падения.

Иногда болиды настолько ярки, что заметны даже днем. Если вам посчастливится увидеть такой болид, то отметьте время его появления, оцените его блеск и установите траекторию полета. Поскольку днем не видно звезд, по которым можно было бы определить траекторию болида, для этих целей достаточно оценить высоту и азимут начальной и конечной точек траектории или попытаться определить траекторию по наземным ориентирам. Если возможно, установите свое точное местоположение и запишите его координаты. Затем подождите некоторое время, прислушиваясь. При вспышках очень ярких болидов возникают звуковые ударные волны, которые через несколько минут могут достигнуть вашего уха. Если вам удастся измерить время между вспышкой болида и приходом звукового сигнала, это даст возможность рассчитать расстояние до него. Результаты ваших наблюдений немедленно сообщите в местное отделение национальной

организации по изучению болидов, которое в случае необходимости направит к вам специалиста для обсуждения деталей, особенно если не исключено падение метеорного тела, породившего болид, на землю. Иногда болид можно спутать со спутником, входящим в атмосферу, однако существует ряд признаков, которые позволяют довольно надежно различать эти явления.

Искусственные спутники

Вокруг Земли обращается так много искусственных небесных тел, что в течение всего удобного для наблюдений времени суток — начиная с вечерних сумерек и кончая утренней зарей — можно видеть яркие спутники, рассекающие звездное небо. (Часто под «спутниками» понимают не только спутники, но и сброшенные последние ступени ракет или отделившиеся от них различные части и детали.) Многие из спутников «кувыркаются» в пространстве или вращаются вокруг собственной оси, порождая вспышки света и изменяя свою яркость, когда лучи Солнца отражаются от плоских панелей солнечных батарей и других элементов поверхности. Попадая в тень Земли и выходя из нее, спутники то исчезают, то вновь появляются на небе. Искусственные спутники Земли можно наблюдать только при определенных условиях. Период видимости того или иного спутника зависит от широты места наблюдения и времени года, а также от высоты и наклона его орбиты. Так, спутник, движущийся по орбите с высоким апогеем, на высоких широтах можно наблюдать летом на протяжении всей ночи. Однако в другое время года он может быть едва виден низко над горизонтом лишь в течение очень короткого времени. Очевидно, что предсказать время наилучшей видимости спутника в данной точке Земли — задача довольно сложная и только упорный, не боящийся трудностей наблюдатель может взяться за такое дело. Большинству же наблюдателей мы рекомендуем пользоваться данными, публикуемыми национальными координирующими центрами. Нанеся предполагаемую траекторию полета спутника на звездную карту, вы можете приступить к его наблюдению в бинокль или телескоп. Астрономам-любителям мы рекомендовали бы использовать для этих целей бинокль.

Серьезные наблюдения предполагают определение положения спутника в тот или иной момент времени, который устанавливается с помощью секундомера или каким-то другим способом. Наиболее точный метод — это измерение момента, когда спутник проходит между двумя звездами, что, правда, не всегда возможно; поэтому приходится искать другие способы. Чтобы определить орбиту спутника, нужно измерить его точное положение по крайней мере в двух точках. Сравнивая расчетную и наблюдаемую траектории движения спутника, можно оценить распределение плотности в верхних слоях атмосферы (особенно в перигее, где спутник наиболее приближается к поверхности Земли), а плотность атмосферы существенно зависит от солнечной активности. Кроме того, отклонение расчетной орбиты от наблюдаемой дает информацию о точных размерах и фигуре Земли. Наблюдая за яркостью спутника и ее колебаниями, мы можем судить о его форме и вращении.

Спутники настолько медленно перемещаются на фоне звезд, что их трудно спутать с другими небесными телами. Лишь при входе в земную атмосферу и сгорании в ней искусственный спутник напоминает метеор, а иногда и яркий болид, но и в этом случае спутник можно отличить по видимой скорости и направлению движения. Скорость движения спутника по орбите и скорость его входа в атмосферу довольно невелики: 4-8 км/с, тогда как минимальная скорость вхождения в атмосферу метеорного тела по теоретическим оценкам составляет около 11 км/с. А многие метеорные тела имеют значительно большие скорости — до 70 км/с. Длительные наблюдения метеоров помогут вам лучше отличать движение спутника.

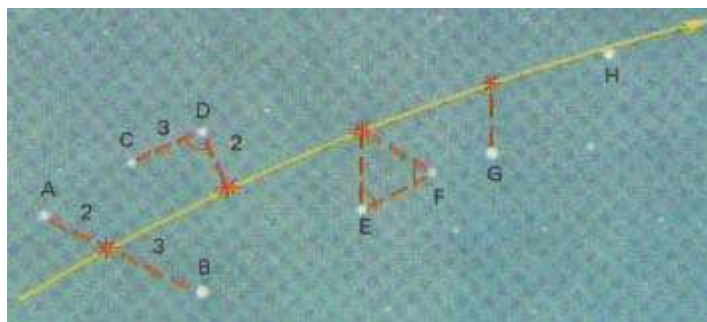


Рис. 74. Положение спутника можно задать отношением расстояний между двумя звездами (А и В) или прямым углом относительно линии, соединяющей пару звезд (С и D). Иногда удобно отметить, что точка, где находится спутник, образует равносторонний треугольник с двумя звездами (Е и F) либо что спутник расположен на вертикали относительно звезды (G) или проходит близко к звезде (H).



Рис. 75. След одного из первых и самых ярких спутников «Эхо-II», пересекающий богатую звездами область неба, которая лежит в направлении на центр Галактики.

Полезную информацию дает также направление движения объекта. Очень мало искусственных спутников движутся с востока на запад — все они в основном перемещаются с запада на восток. Спутники, запущенные на полярную орбиту, перемещаются по небу с севера на юг или с юга на север. Кроме того, при вхождении в атмосферу спутники обычно рассыпаются на части, создавая множество следов. Для метеорных тел такая картина-редкость, нечто подобное иногда наблюдается только у самых ярких болидов.

Луна

Астрономы-любители обычно начинают свои наблюдения с Луны. Это неудивительно, поскольку из-за своих больших размеров (видимый диаметр Луны составляет около 30') и яркости Луна является самым заметным объектом на ночном небе, ее вполне можно наблюдать и днем. Более того, при благоприятных условиях дневные наблюдения могут оказаться весьма эффективными, так как в это время не столь велик контраст между яркой поверхностью Луны и небом. При ночных наблюдениях в телескоп приходится использовать нейтральный светофильтр или уменьшать апертуру, чтобы уменьшить яркость Луны и тем самым сделать более четкими детали ее поверхности.

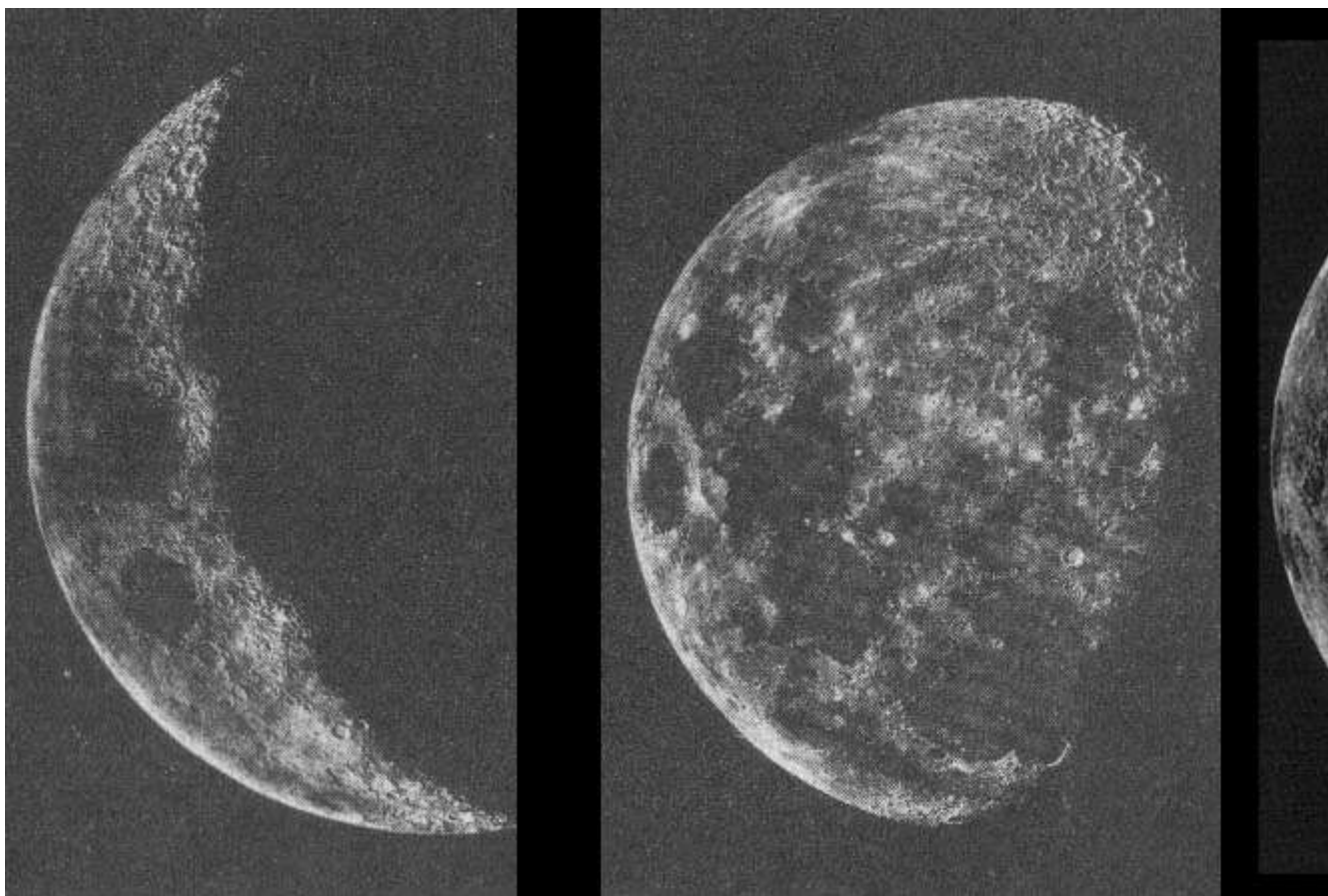


Рис. 76. Луна (слева направо) в возрасте 4, 10, 14 (полнолуние), 17.8 и 26 суток. В полнолуние наиболее отчетливо видны лучи, исходящие из некоторых кратеров.



Рис. 77. На фотографии, полученной с борта космического корабля «Аполлон-11»,

показаны частично видимая и обратная стороны Луны: в центре-Море Кризисов (север вверху).

Фазы Луны

Движение Луны на фоне звезд представляет собой чрезвычайно сложную картину, поэтому расчет точного времени ее восхода сопряжен с большими трудностями. В ряде случаев вполне достаточно информации, которая дается в газетах, но если вас интересуют более точные сведения о появлении Луны, то придется обратиться к астрономическим календарям и ежегодникам. Для приблизительных оценок следует иметь в виду, что восход и заход Луны каждый день происходят на 50 мин позднее, чем в предыдущий; хотя точная величина запаздывания иногда отличается от этой величины.

Полный временной цикл, в течение которого Луна последовательно проходит все свои фазы, называется лунным (или синодическим) месяцем. Начинается он, как и отсчет возраста Луны, с фазы новолуния и продолжается около 29,5 сут. В момент новолуния диск Луны расположен наиболее близко к диску Солнца, и иногда он загораживает Солнце — наступает солнечное затмение. Многие наблюдатели испытывают огромное удовлетворение, если им удастся обнаружить тончайший серпик зарождающейся Луны в возрасте всего нескольких часов. Для наблюдений такого рода пригодна та же методика, что и для наблюдений Меркурия.

Таблица №9

Наиболее известные образования на поверхности Луны

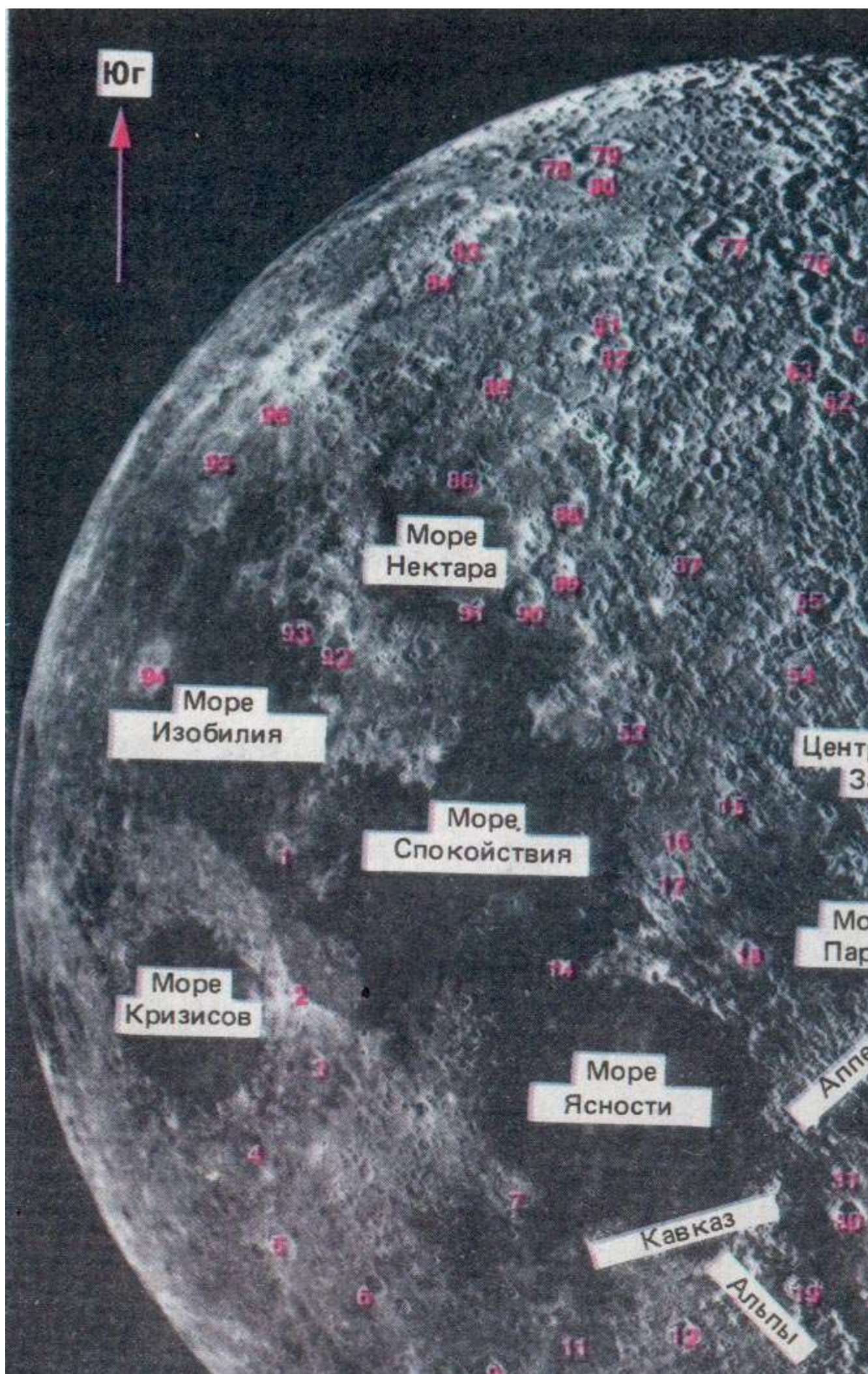
№ п/п	Латинское название	Русское название	Возраст Луны
1	Taruntius	Тарунций	4; 18
2	Proclus	Прокл	14; 18
3	Macrobius	Макробий	4; 18
4	Geomedes	Клеомед	3; 17
5	Geminus	Гемин	3; 17
6	Franklin	Франклин	4; 18
7	Posidonius	Посидоний	5; 19
8	Atlas	Атлас	4; 18
9	Hercules	Геркулес	5; 19
10	Endimion	Эндимион	3; 17
11	Burg	Бюрг	5; 19
12	Eudoxus	Евдокс	6; 20
13	Aristoteles	Аристотель	6; 20
14	Plinius	Плиний	6; 20
15	Agrippa	Агриппа	7; 21
16	Rima Ariadaeus	Борозда Ариады	6; 20
17	Julius Caesar	Юлий Цезарь	6; 20
18	Manilius	Манилий	7; 21
19	Cassini	Кассини	7; 21
20	Mons Piton	Пик Питон	8; 22
21	Vallis Alpes	Альпийская долина	8; 22
22	Mons Pico	Гора Пико	8; 22
23	Plato	Платон	8; 22

24	Meton	Метон	6; 20
25	Barrow	Барроу	7; 21
26	Anaxagoras	Анаксагор	9; 23
27	Philolaus	Филолай	9; 23
28	Anaximenes	Анаксимен	11; 25
29	Pythagoras	Пифагор	12; 26
30	Aristillus	Аристилл	7; 21
31	Autolycus	Автолик	7; 21
32	Archimedes	Архимед	8; 22
33	Timocharis	Тимохарис	8; 22
34	Aristarchus	Аристарх	11; 25
35	Herodotus	Геродот	11; 25
36	Va. Schroteri	Долина Шрётера	11; 25
37	Mons Rumker	Гора Рюмкера	12; 26
38	Паллас	Паллас	8; 22
39	Eratosthenes	Эратосфен	8; 22
40	Kopernicus	Коперник	9; 23
41	Reinhold	Рейнгольд	9; 23
42	Landsberg	Ландсберг	10; 24
43	Kepler	Кеплер	10; 24
44	Fra Mauro	Фра-Маурого	9; 23
45	Grimaldi	Гримальди	13-14; 27-28
46	Letronne	Летрон	11; 25
47	Billy	Билли	12; 26

48	Gassendi	Гассенди	11; 25
49	Bullialdus	Буллияльд	9; 23
50	Campanus	Кампан	10; 24
51	Mercator	Меркатор	10; 24
52	Schickard	Шикард	10; 26
53	Delambre	Деламбр	6; 20
54	Hipparchus	Гиппарх	7; 21
55	Albategnius	Альбатений	7; 21
56	Ptolemaeus	Птолемей	7; 22
57	Alphonsus	Альфонс	8; 22
58	Arzachel	Арзахель	8; 22
59	Thebit	Фебит	8; 22
60	Birt	Бирт	8; 22
61	Purbach	Пурбах	8; 22
62	Werner	Вернер	7; 21
63	Aliacencis	Алиацен	7; 21
64	Walter	Вальтер	7; 21
65	Deslandres	Десландр	8; 22
66	Pitatus	Питат	8; 22
67	Orontius	Оронтий	8; 22
68	Saussure	Соссюр	8; 22
69	Tycho	Тихо	8; 22
70	Wilhelm	Вильгельм	9; 23
71	Longomontanus	Лонгомонтан	9; 23

72	Maginus	Магин	8; 22
73	Clavius	Клавий	9; 23
74	Blancanus	Бланкан	9; 23
75	Schemer	Шейнер	10; 24
76	Stofler	Штефлер	7; 21
77	Maurolycus	Мавролик	6; 20
78	Vlacq	Влакк	5; 19
79	Hömmel	Хоммель	5; 19
80	Pitiscus	Питиск	5; 19
81	Rabbi Levi	Рабби Леви	6; 20
82	Zagut	Загут	6; 20
83	Janssen	Янсен	4; 18
84	Metius	Мецций	4; 18
85	Piccolomini	Пикколомини	5; 19
86	Fracastorius	Фракастор	5; 19
87	Abulfeda	Абульфедда	6; 20
88	Catharina	Катарина	6; 20
89	Cyrellus	Кирилл	6; 20
90	Theophilus	Теофил	5; 19
91	Madler	Мадлер	5; 19
92	Gutenberg	Гуттенберг	5; 19
93	Godlenius	Гоклен	4; 18
94	Langrenus	Лагрэн	3; 17
95	Petavius	Петавий	3; 17
96	Snellius	Снеллий	3; 17

Числа, стоящие после названия детали лунной поверхности, указывают два возраста Луны, при которых эта деталь видна наиболее отчетливо. Вследствие либрации и ряда других причин эти даты могут несколько изменяться. (Номера деталей в таблице соответствуют обозначениям на карте.)



Юг

Море
Нектара

Море
Изобилия

Море
Спокойствия

Море
Кризисов

Море
Ясности

Цент
3

Мо
Пар

Кавказ

Альпы

По мере сезонного изменения высоты Солнца над горизонтом меняется и положение Луны. Поэтому наиболее благоприятные периоды наблюдения той или иной фазы Луны приходятся на определенное время года. Так, наблюдения полной Луны лучше проводить в середине зимы, когда Солнце расположено ниже всего над горизонтом, а Луна выше; наблюдения же зарождающейся и умирающей Луны вблизи новолуния лучше проводить в разгар летнего сезона. Первую четверть Луны жителям Северного полушария удобнее наблюдать весной (жителям Южного полушария — осенью), а последнюю четверть — осенью (в Южном полушарии — весной). Путь Луны среди звезд проходит в полосе шириной 10° , лежащей по обе стороны от эклиптики, и это благоприятствует наблюдениям соответствующих фаз Луны в указанные сроки. В тропиках условия наблюдения различных фаз Луны одинаковы на протяжении всего года, хотя период видимости ее в тропиках менее продолжителен.

Детали лунной поверхности

Некоторые наиболее заметные образования на поверхности Луны можно видеть даже невооруженным глазом; поэтому имеет смысл начать наблюдения с зарисовки этих деталей, не прибегая к помощи оптических приборов. Сравнительно легко сделать наброски контуров темных областей, но при более остром зрении удастся разглядеть кое-какие детали и в светлых областях лунной поверхности, особенно когда контуры этих деталей обрисованы четкими тенями, возникающими при косом падении солнечных лучей на линию терминатора.

Даже в бинокль заметны существенные различия между темными и светлыми областями лунной поверхности. Светлые области сильно пересечены, покрыты кратерами, возвышенностями (их называют также материками; латинское название — *terrae*), тогда как темные области представляют собой более низкие и плоские равнины. За этими областями сохранилось название «морья» (по-латыни — *mare*; множественное число — *maria*), в память о тех временах, когда ошибочно полагали, что темные области действительно являются морями и океанами, похожими на земные.

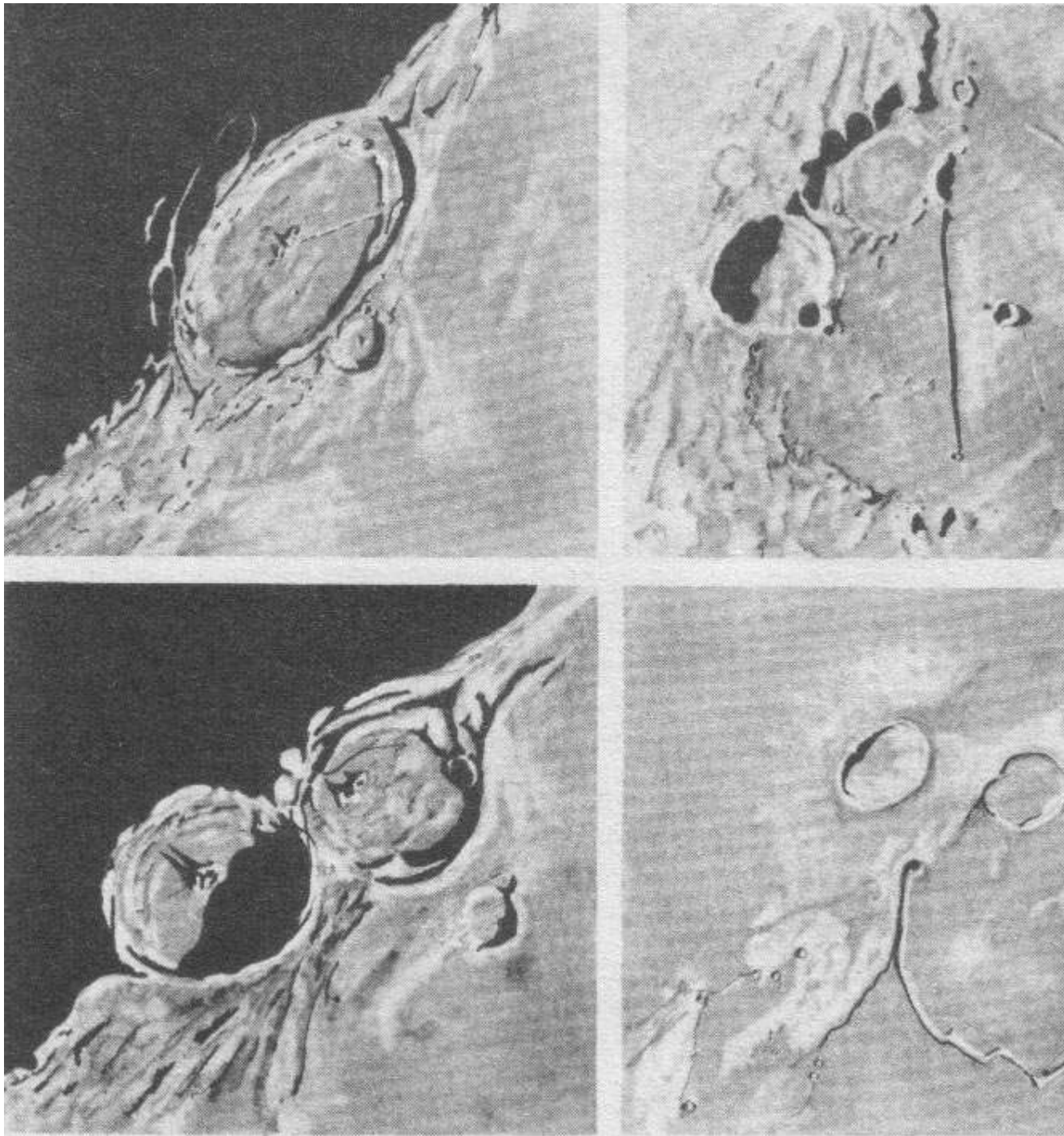


Рис. 78. Четыре рисунка Дж. Д. Гринвуда: кратер Петавий (вверху слева); Море Облаков, Кратер Бирт и Вертикальная Стена (вверху справа); кратеры Кирилл и Теофил (внизу слева); кратеры Аристарх и Геродот, Долина Шретера (внизу справа).

В бинокль отчетливо видны только наиболее крупные кратеры, в то время как даже в самые небольшие телескопы различимо огромное многообразие деталей. В телескоп с 75-миллиметровым объективом наряду с кратерами различных форм и размеров можно увидеть много других интересных образований: горные цепи, отдельные вершины, обширные горные районы, пересеченные широкими долинами. Заметны также и узкие глубокие ущелья, получившие названия борозд. Некоторые наиболее общие детали лунной поверхности указаны в таблице (в ней приведены общепринятые латинские названия, а также используемые в русской номенклатуре. — Ред.). Контрастные детали лунной поверхности и длина тени, отбрасываемой ими, изменяются в зависимости от высоты Солнца. Многие

детали становятся отчетливо видны на терминаторе (линии, разделяющей освещенную и неосвещенную части лунной поверхности). Именно в этой области при косом падении солнечных лучей (во время восхода и захода Солнца) горы и другие неровности поверхности отбрасывают четкие длинные тени, делающие рельеф более резко очерченным. Из-за отсутствия атмосферы тени даже от небольших неровностей на терминаторе выглядят очень контрастными. Склоны гор на Луне более пологи, чем на Земле.

При сильной освещенности некоторые детали лунной поверхности, включая самые крупные кратеры, становятся едва различимыми или вообще невидимыми. А если их все же удастся разглядеть, то только благодаря иной способности отражать солнечный свет, чем у окружающей поверхности. Другие детали, например система лучей, выходящих из некоторых кратеров, наоборот, наиболее заметны при яркой освещенности. Они едва различимы в начальной и конечной фазах Луны и резко выделяются в период полнолуния, когда Солнце расположено наиболее высоко над лунным горизонтом.

Таблица №10

Детали лунной поверхности

Латинский термин	Его значение
Mare (Maria)	«Море» — плоская равнина
Mons	Вершина, гора
Montes	Горные облака
Palus	«Болото» — темная равнина
Rima	Борозда(ы) или трещина
Rupes	Сброс, разрыв
Sinus	«Залив» — частота
Vallis	Долина

Способность небесного тела отражать падающий на него свет называется альбедо. Так, сама Земля, окутанная облаками, имеющая обширные снежный и ледовый покровы, отражает значительное количество падающего солнечного света в космическое пространство, т.е. она обладает высоким альбедо. Отраженный Землей свет частично освещает Луну; это явление (получившее название «пепельный свет») можно наблюдать вблизи новолуния в виде слабого свечения не освещенной Солнцем лунной поверхности. Некоторые участки лунной поверхности (особенно такие кратеры, как Аристарх, Кеплер и Коперник) сами обладают высоким альбедо, благодаря чему они отчетливо видны даже в таком слабом отраженном свете.

Либрации

Луна всегда повернута к Земле одной стороной, и на первый взгляд может показаться, что мы видим все время только одну половину ее поверхности. Однако внимательное изучение вида Луны в течение нескольких месяцев показывает, что наблюдениям доступно несколько больше половины лунной поверхности. Это обусловлено явлением, называемым либрацией — медленным покачиванием Луны вперед-назад и с боку на бок; благодаря

либрации мы можем наблюдать некоторые участки поверхности «обратной» стороны Луны.

Либрация по широте связана с наклоном лунной орбиты к небесному экватору, вследствие чего Луна попеременно оказывается то ниже, то выше земного экватора. В результате мы видим несколько большую часть то северного, то южного полушарий Луны. Лунная орбита имеет вытянутую, эллиптическую форму. Поэтому угловая скорость обращения Луны вокруг Земли значительно меняется, тогда как вращение Луны вокруг своей оси происходит с постоянной угловой скоростью. Различием этих скоростей обусловлена либрация по долготе, вследствие которой периодически то возникают, то скрываются лежащие за лимбом участки лунной поверхности. (Лимбом называют видимый край любого тела, наблюдаемого в виде отчетливого диска.)

Либрации по долготе и широте наряду с либрациями других видов позволяют при длительных наблюдениях (в течение примерно 30 лет) увидеть почти 59% лунной поверхности. При благоприятных условиях наблюдения на краю видимого диска Луны удастся заметить ряд довольно редких и интересных деталей. Из-за либрации линия терминатора пересекает некоторые кратеры и другие детали лунной поверхности не с четкой периодичностью через месяц, а иногда на полсуток раньше или позднее. Изменяется также видимый угловой диаметр Луны; в ближайшей к Земле точке орбиты, перигее, она больше, а в самой удаленной, апогее, — меньше. Невооруженным глазом изменения углового диаметра Луны не видны; их можно обнаружить на фотографиях Луны, сделанных с одинаковым увеличением в моменты, когда она находится в апогее и перигее. В отличие от либрации изменение видимых размеров Луны не сказывается на ее наблюдениях.

Поверхность Луны

Так как при восходе и заходе Солнца горы и другие неровности на поверхности Луны отбрасывают длинные тени, то лучше всего начать изучение Луны с наблюдения за прохождением терминатора по ее диску и появлением и исчезновением различных деталей лунного рельефа. О положении терминатора и условиях наблюдения ряда деталей лунной поверхности на любой день лунного месяца можно судить по фотографиям.

Детали поверхности, расположенные вблизи лимба, и в первую очередь области, видимость которых зависит от либрации, лучше всего наблюдать сразу до или после полнолуния; их изучение в новолунии затруднено. Следует иметь в виду, что некоторые детали, возможно, не всегда будут видны из-за либрации. Так как вследствие проекции детали на лимбе искажены, их довольно трудно узнать, и только многократные наблюдения помогут вам с уверенностью опознать их.

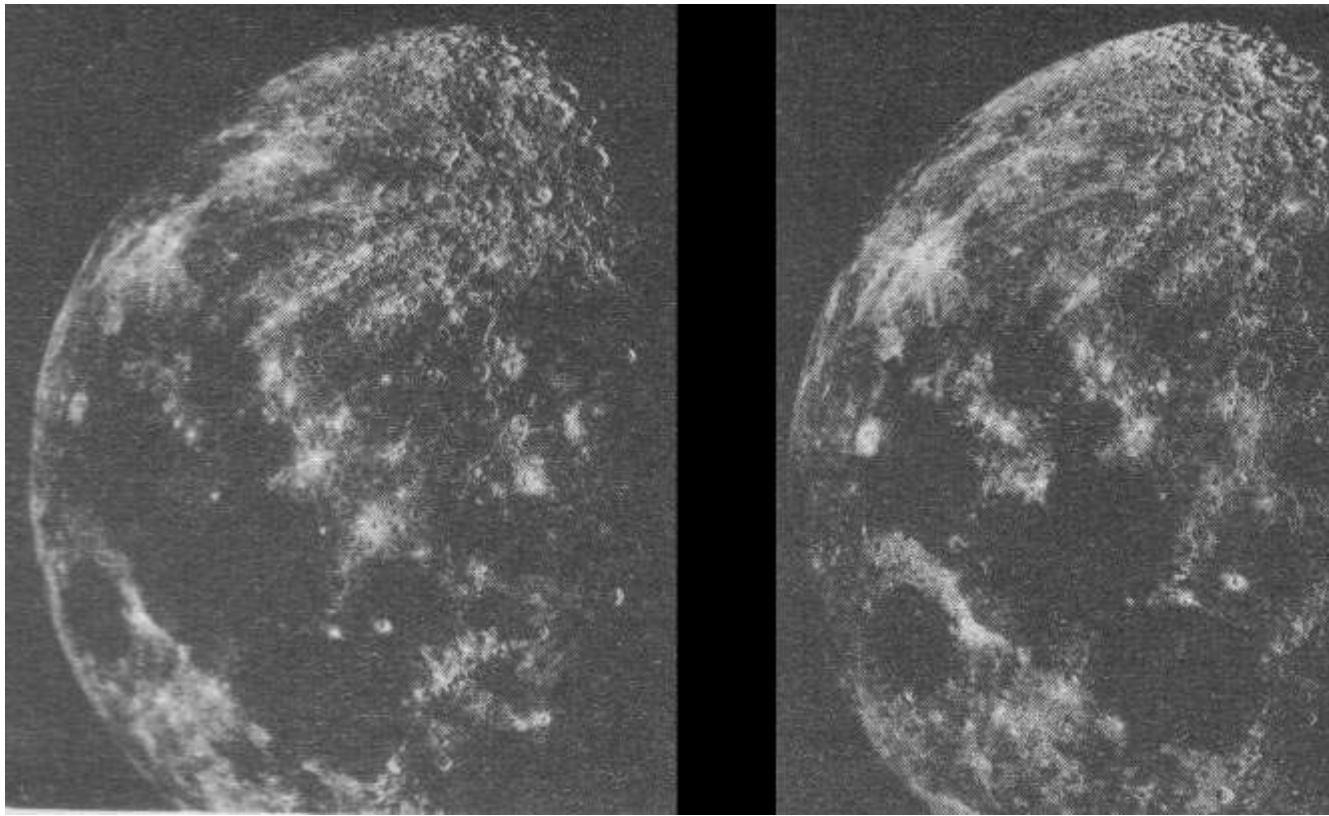


Рис. 79. Влияние либрации на вид Моря Кризисов (слева) и другие детали поверхности вблизи лимба Луны.



Рис. 80. Море Ясности и кратер Посидоний; несколько зарисовок этого кратера представлены на рис. 54.

Моря

В настоящее время установлено, что темные лунные моря представляют собой районы, покрытые лавой. В ряде случаев (моря круглой формы, ограниченные кольцевыми горами) лавой залиты огромные кратеры, образовавшиеся при столкновении с Луной крупных метеоритов. Яркими примерами могут служить обширное Море Дождей (Mare Imbrium) и несколько меньшие по размерам Море Ясности (Mare Serenitatis) и Море Кризисов (Mare Crisium). В качестве примеров других менее четко очерченных морей неправильной формы можно назвать Море Холода (Mare Frigoris) и Море Паров (Mare Vaporum). Океан Бурь, покрывающий площадь в 2 млн. км², настолько огромен, что вполне оправдывает название океана. В Море Ясности, Океане Бурь и некоторых других морях имеются протяженные складчатые горные хребты. Подобные складчатые хребты видны и в Море Спокойствия (Mare Tranquillitatis); именно здесь нога человека впервые ступила на поверхность Луны.

Горы

Среди самых заметных горных районов на Луне можно выделить области, окаймляющие крупные моря. Резко выделяются такие горные хребты, как Карпаты, Аппенины и Альпы (с заметной Альпийской Долиной), обрамляющие Море Дождей, а также хребты Кавказа, расположенного на границе Моря Ясности. Алтайский сброс — пример более старой горной формации, значительно разрушенной и покрытой более поздними наслоениями.

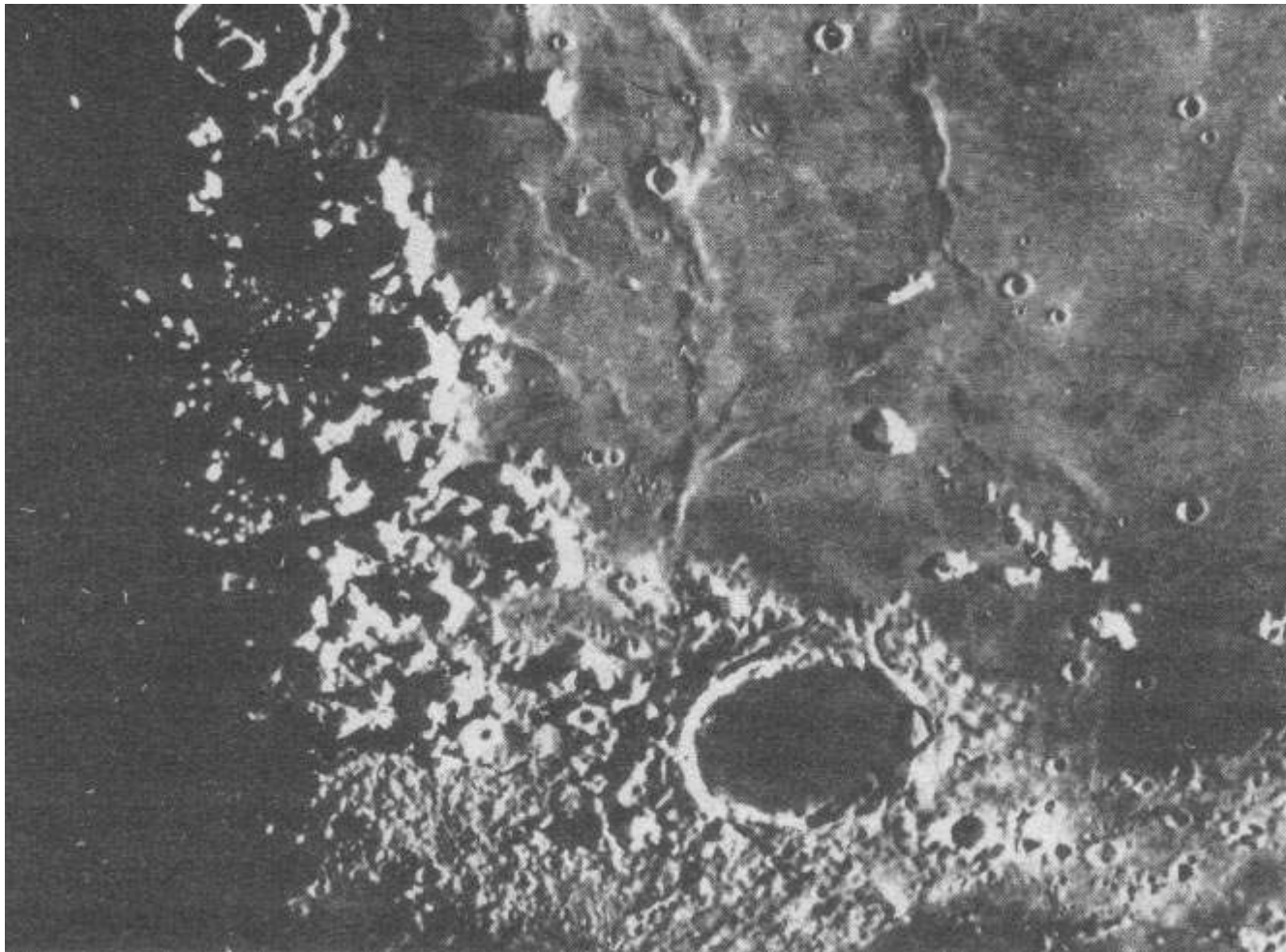


Рис. 81. На фотографии заметны часть Моря Дождей, Альпы и темное дно кратера Платон.

Наряду с горными хребтами на поверхности Луны есть и изолированные вершины: Пико (Pico) и Питон (Piton) в Море Дождей, невысокая вершина Рёмкера (Mons Rumker) в месте слияния Залива Росы (Sinus Roris) и Океана Бурь. При самых благоприятных условиях на Луне можно различить вулканические образования типа низких куполов, например, вблизи кратеров Араго (Arago) и Гортензий (Hortensius).

Кратеры

Столкновения Луны с метеоритами привели к образованию на ее поверхности множества кратеров самых разных размеров. К числу самых крупных кратеров относятся Птолемей (Ptolemaeus) и Шикард (Schickard), а гигантский кратер Бэйли (диаметром около 300 км) едва различим. Примерами сильно разрушенных кратеров могут служить Гиппарх (Hipparchus) и Фра Мауро (Fra Mauro).

У многих кратеров, например, таких, как Коперник (Copernicus) и Теофил (Theophilus),

на внутренних стенках имеются террасы. Внутри некоторых кратеров возвышаются центральные горки; к подобным относятся кратеры Петавий (Petavius), Эратосфен (Eratosthenes), Коперник, Аристилл (Aristillus) и Теофил. Очень много небольших, довольно правильной формы (напоминающей чашу) кратеров; самые мелкие из них видны лишь на пределе видимости современных телескопов. На лунных плоскогорьях многие кратеры как бы наползают друг на друга, частично перекрываясь. Наиболее ярким примером таких кратеров является кратер Тебит (Thebit), на стене которого заметен небольшой четко очерченный кратер Тебит А.

На дне кратера Клавий (Clavius) и ряда других хорошо различимы цепочки небольших кратеров, а в кратере Альфонс заметны небольшие впадины с темными ореолами. У некоторых кратеров отчетливо видны специфические детали; по-видимому, наиболее известными образованиями такого рода следует считать темные полосы внутри кратера Аристарх.

Вторичные кратеры и лучи. При столкновении с поверхностью Луны крупный метеорит образует основной кратер, а некоторые из разлетевшихся осколков при падении дают начало вторичным, более мелким кратерам. Вторичные кратеры и обширные поля, засыпанные веществом, выброшенным при образовании кратера, хорошо видны в окрестностях многих кратеров; особенно заметны они в окрестностях кратеров Коперник и Бульялд (Bullialdus). Более мелкие куски вещества, выброшенные при образовании кратера, формируют системы слабых светлых лучей. Расходящиеся по всей поверхности Луны, эти лучи лучше видны в период полнолуния. Особенно четко выделяется система расходящихся светлых лучей кратера Тихо, который сам по себе представляет довольно необычную картину с центральной горкой и отчетливым окаймлением из темного вещества. Хорошо видны симметрично расходящиеся светлые лучи у кратеров Коперник, Кеплер и Аристарх, а, например, у кратера Прокл (Proclus) система лучей резко асимметрична. Кометоподобная пара кратеров Мессье и Мессье А (Messier), расположенная в Море Изобилия (Marie Fecunditatis), имеет всего один довольно рельефный светлый луч. Предполагается, что эта система кратеров образовалась при косом столкновении метеорного тела с лунной поверхностью, когда вещество было в основном выброшено в направлении движения метеорного тела.



Рис. 82. Залив Радуг представляет собой остаток большого кратера, заполненного лавой из Моря Дождей.



Рис. 83. У кратера Тихо отчетливо заметно темное гало, от которого расходится гигантская система светлых лучей.

Кратеры, залитые лавой. Очень темный вид многих кратеров говорит о том, что в прошлом их дно было залито лавой. Наиболее заметны среди таких кратеров Эндимион (Endimion), Архимед, Платон (Plato) и Гримальди (Grimaldi). Стены некоторых кратеров были разрушены стремительным потоком лавы, которая и залила их дно. Ярким примером такого кратера служит Залив Радуга (Sinus Indium). С ним сходны кратеры Принц (Prinz), Летрон (Letronne), Фракастор (Fracastorius). Кратер Варгентин (Wargentini), заполненный лавой до краев, превратился в плато. На поверхности Луны много совершенно разрушенных образований. От некоторых из них остались только «намекы» на структуры; несколько разрушенных, едва заметных кратеров получили название кратеров-призраков. Эти древние образования, по-видимому, были до краев залиты потоками лавы, которая в дальнейшем, по мере охлаждения, трескалась, очерчивая некое подобие структуры залитой поверхности. Типичным среди такого рода образований является кратер Стадий (Stadius) в Заливе Зноя (Sinus Aestuum), расположенный между кратерами Эратосфен и Коперник. Более впечатляющую картину представляет, правда, кратер, расположенный южнее кратера Ламберт (Lambert) в Море Дождей (Mare Imbrium) и кратера Ламон (Lament) в Море Спокойствия.

Долины

К числу других широко распространенных образований лунной поверхности относятся различного типа долины и борозды (общее латинское название этих структур *rima*). В

качестве примера можно назвать борозды, протянувшиеся параллельно границе Моря Влажности. Вытянутые узкие долины, менее выраженные по структуре, хорошо заметны в системе кратеров Триснеккер, Арпадий и Гигинус, расположенных в области, окруженной Заливом Центральный (Sinus Medii), Морем Паров и Морем Спокойствия.

Борозды обязаны своим происхождением расщелинам, по которым в прошлом текла раскаленная лава; в дальнейшем, после остывания лавы, расщелины разрушались и проседали, формируя эти протяженные извилистые структуры. По-видимому, наиболее ярким примером таких образований могут служить долины вблизи кратера Шрётера (рядом с кратером Аристарх), хотя аналогичные борозды расположены и по соседству с кратером Принц. Гигантский разрыв в середине горной цепи Альп — Альпийская Долина — имеет плоское дно с хорошо заметной центральной узкой извилистой бороздой. В качестве другого хорошего примера такого разрыва можно назвать Борозду Хэдли (Rima Hadley) — место посадки космического корабля «Аполлон-15».

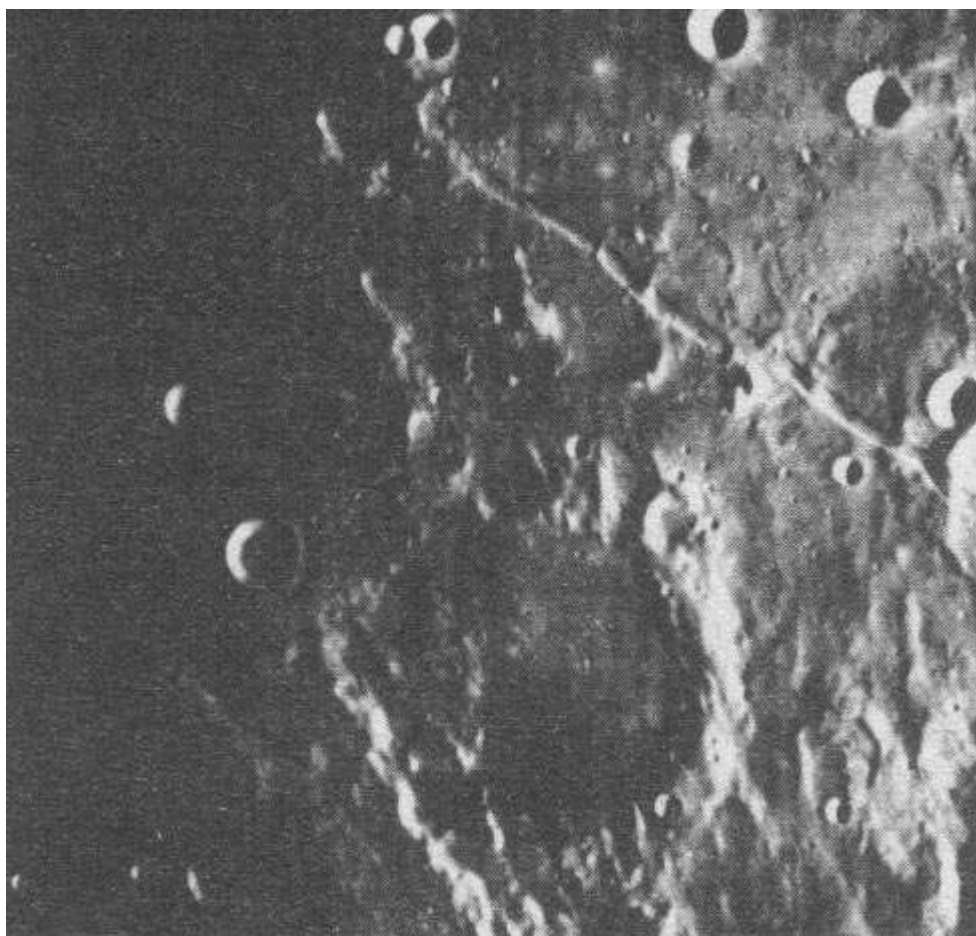


Рис. 84. Разрушенный кратер Юлий Цезарь и вытянутая долина Ариа-да расположены вблизи центра видимого диска Луны.

Расщелины имеются на дне таких кратеров, как Гассенди (Gas-sendi), Петавий и Посидоний (Posidonius) и некоторых других, а разлом, проходящий по дну кратера Гоклен (Goclenius), рассекая обе его стены, тянется дальше. В Море Облаков (Mare Nubium) имеется интересное образование, известное под названием «Прямая Стена» (Rupes Recta), которое наиболее отчетливо видно при заходе Солнца за лунный горизонт. Эта «стена» довольно пологая — ее наклон составляет всего около 7° . Другое аналогичное образование Борозда Коши (Rupes Cauchy), по всей видимости, представляет собой невысокий гребень, который отбрасывает заметную тень только при восходе Солнца.

Быстро меняющиеся детали на лунной поверхности

На Луне есть области, яркость которых иногда меняется. Природа этих так называемых кратковременных лунных явлений пока не совсем понятна — возможно, они связаны с солнечной активностью или выбросом газов из лунных недр. Вызванные этими процессами непродолжительные изменения яркости и цвета лунной поверхности можно изучать, наблюдая их через красный и синий фильтры. Простое приспособление, обеспечивающее быструю смену фильтров, позволяет сразу обнаружить эти изменения. Например, в области кратера Фракастор наблюдаются постоянные изменения яркости («мигания»), а в кратерах Аристарх, Гассенди и Альфонс заметны явные признаки вулканической активности⁵.

Лунные затмения


Затмение Луны наступает, когда она, двигаясь по орбите вокруг Земли, попадает в ее тень. Затмение Луны может происходить только во время полнолуния, но вследствие наклона лунной орбиты к эклиптике Луна в этот период не всегда попадает в тень Земли. Тем не менее в течение года обязательно происходят два-три лунных затмения; их можно наблюдать в любой точке того полушария Земли, которое в этот момент обращено к Луне. Движение Луны через тень Земли всегда происходит с запада на восток.

Тень Земли как бы делится на две области: внутренний темный конус, вершина которого обращена в сторону, противоположную Земле (область тени), и более широкий и менее темный конус, вершина которого повернута к Солнцу (область полутени). Затмение Луны, возникающее при прохождении ею области полутени, менее интересно, поскольку при этом Луна лишь слегка тускнеет, едва заметно меняя яркость. Частное лунное затмение наступает, когда часть Луны проходит через область тени. Наибольший интерес, естественно, представляет полное лунное затмение; оно наступает, когда Луна полностью погружается в тень Земли. Полное лунное затмение достигает максимальной продолжительности (1 ч 42 мин), когда Луна пересекает тень Земли по ее центру.

Вследствие рефракции земная атмосфера действует как фокусирующая линза, преломляя солнечные лучи и частично направляя их в область тени; поэтому во время затмения Луна обычно бывает видна. Так как синий свет сильнее рассеивается и поглощается атмосферой, чем красный, то в область земной тени в основном проникают красные лучи и поэтому Луна во время затмений окрашена в темно-красный цвет. Но иногда Луна становится очень темной или даже совсем исчезает. Степень яркости и окраска Луны во время затмения определяются свойствами верхних слоев земной атмосферы, которые в свою очередь зависят от многих факторов, в частности уровня солнечной активности, вулканической деятельности и интенсивности метеорных потоков. (Вулканические и метеорные частицы могут месяцами удерживаться в атмосфере, существенно увеличивая поглощение и рассеяние света, что заметно снижает яркость затмения.) Чтобы оценить количественно яркость и цвет Луны в период затмения, воспользуйтесь шкалой А. Данжона; при этом вы убедитесь, что как яркость, так и цвет затемненной части Луны меняются на протяжении затмения.

Шкала Данжона для оценки яркости лунного затмения

⁵ С позиций современных представлений о внутреннем строении и эволюции Луны утверждение о ее нынешней эндогенной активности выглядит довольно сомнительным. — *Прим. ред.*

	0	Очень темное; в середине затмения Луна почти не видна
	1	Темно-серое или коричневатое; слабо заметны некоторые детали
	2	Темно-серое с рыжеватым оттенком; в середине затмения центр более темный, чем внешние области
	3	Кирпично-красное, тень окружена серовато-желтой каймой
	4	Медно-красное, очень яркое; видны основные детали: кайма светло-голубоватая

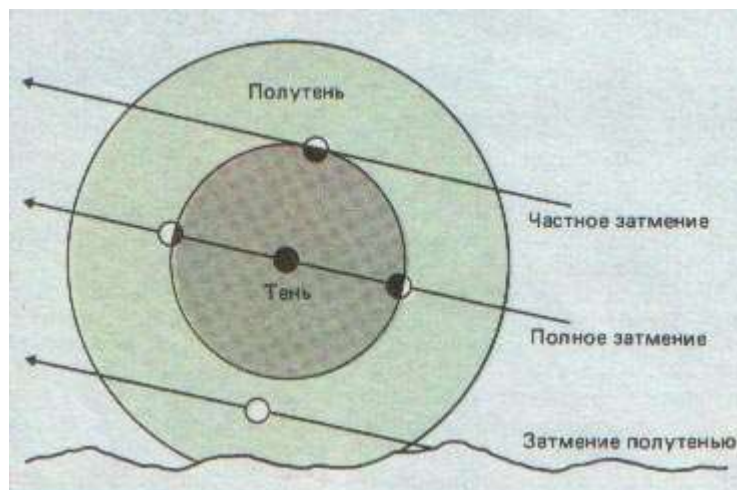


Рис. 85. Тип наблюдаемого лунного затмения определяется траекторией движения Луны через земную тень (размер Луны не в масштабе).



Рис. 86. Во время полного лунного затмения Луну освещают только красные лучи солнечного света, преломленные земной атмосферой внутрь ее тени.

При полных затмениях помимо очертаний лунных морей иногда остаются видимыми некоторые кратеры, особенно такие крупные, как Аристарх, Коперник, Кеплер и Тихо. Частично это явление можно было бы объяснить люминесценцией некоторых пород лунного грунта. Проводя наблюдения лунных затмений, старайтесь обращать внимание на все видимые кратеры и другие детали поверхности. Попробуйте также сделать зарисовки

различных фаз затмения, тем более что цветные зарисовки помогут вам более детально проследить за изменением цвета Луны в ходе затмения.

Ценную научную информацию можно получить, отмечая моменты наступления тех или иных явлений во время затмения. Прежде всего это относится к первому и второму контактам, когда Луна лишь касается, а затем полностью входит в тень Земли, и к третьему и четвертому контактам, когда Луна только появляется, а потом полностью выходит из тени Земли. Полезно также отмечать моменты входа в тень и выхода из нее отдельных кратеров. Подобные измерения покажут вам, как атмосфера Земли влияет на размер тени. При наблюдениях невооруженным глазом нетрудно заметить момент наступления затмения. На первый взгляд это наблюдение может показаться бесполезным, в действительности оно позволяет оценить точность визуальных наблюдений такого рода. Более того, подобные исследования позволяют судить об изменении скорости вращения Земли на протяжении веков.

Покрывание звёзд Луной и другими небесными телами

Луна, планеты и другие тела Солнечной системы в своем видимом движении на фоне звезд временами проходят вблизи некоторых интересных объектов. Фотографии этих небесных тел, полученные в момент такого сближения, представляют удивительное зрелище. Особенно эффектно выглядят снимки планет рядом с туманностью или скоплением звезд. Поэтому при организации и проведении наблюдений нужно всегда помнить о такой интересной возможности.

Когда Луна, планеты или астероиды проходят между Землей и другим небесным телом (обычно звездой), наблюдается покрытие этого тела. Довольно часто происходит покрытие звезд Луной, но так как движение Луны очень сложное, между последующими покрытиями одной и той же звезды проходит много лет. Покрытия звезд другими телами Солнечной системы происходят значительно реже; наблюдать их можно только в определенных точках земного шара, и эти наблюдения требуют особого внимания.

Для успешного наблюдения таких явлений необходимо заранее точно знать моменты их наступления и условия протекания. Соответствующая информация обычно дается в астрономических календарях и ежегодниках. В них приводятся сведения о положении, размерах и форме покрывающего тела, а также о положении и природе покрываемого небесного объекта. При подготовке наблюдений следует иметь в виду, что возможность исследовать то или иное покрытие существенно зависит от местоположения наблюдателя на Земле, поэтому необходимо возможно точнее знать широту и долготу точки наблюдения, а также ее высоту над уровнем моря.

Особый интерес представляют наблюдения покрытий Луной. Покрытия звезд Луной происходят таким образом, что наблюдатель видит исчезновение звезды на восточном крае лунного диска и появление ее вновь — на западном. Поскольку Луна не имеет атмосферы, исчезновение звезды при покрытии происходит почти мгновенно — словно кто-то «выключил» звезду; особенно это заметно, когда ее покрывает темный край лунного диска. (Наиболее благоприятные условия наблюдения покрытий складываются в первых числах лунного месяца, когда солнечный свет, отраженный земной атмосферой, освещает темную часть Луны, делая ее более заметной. В этом случае довольно хорошо видно, как звезда приближается к темному краю лунного диска, и маловероятно, что покрытие произойдет неожиданно.) Постепенное или скачкообразное исчезновение звезды за лимбом в некоторых случаях говорит о покрытии тесной двойной системы звезды (см. с. 212). Ослепительный блеск светлого лунного лимба создает значительные трудности при подобного рода наблюдениях; поэтому покрытие звезд стараются наблюдать перед полнолунием, а их появление из-за лимба — в последних числах лунного месяца. Исключения составляют яркие звезды, покрытие и появление которых можно наблюдать вне зависимости от фазы Луны. Наблюдения покрытий звезд лучше проводить с помощью длиннофокусных телескопов с

малой светосилой (большим фокальным отношением); в крайнем случае можно использовать телескоп с большим увеличением, чтобы в его поле зрения оказывалась возможно меньшая часть Луны. В этом случае в глаз наблюдателя попадает гораздо меньше света от Луны, что значительно облегчает наблюдение звезд.

Наблюдение исчезновения звезд за лимбом не вызывает особых трудностей, поскольку за звездой легко следить вплоть до ее покрытия. Другое дело — появление звезд из-за лимба, которое всегда несколько неожиданно, поэтому здесь возникают немалые трудности.

Для наблюдений покрытий звезд Луной наиболее удобна экваториальная установка телескопа, снабженного окуляром с широким полем зрения и крестом нитей. Совместив траекторию видимого перемещения звезды с одной из нитей, вы сразу установите точку появления звезды из-за лимба, если знаете точку ее захода за лимб.

Рис. 87. «Парад планет»: Меркурий, Венера, Марс и Юпитер видны одновременно с Луной и несколькими яркими звездами.

Наблюдения покрытий небесных тел можно проводить с инструментами практически любых размеров. При этом нет необходимости в сложных устройствах для регистрации времени, и хотя арсенал этих средств довольно богат, в практике любительских наблюдений довольно часто ограничиваются обычными или цифровыми секундомерами. Основная трудность возникает при определении точного момента того или иного события по всемирному времени (ошибка не должна превышать долей секунды). Поэтому часы следует сверить по сигналам точного времени, передаваемым по радио; это необходимо сделать до и после наблюдения, чтобы учесть изменения в ходе часов и точнее зарегистрировать момент интересующего вас события. Опытные наблюдатели при регистрации наступления момента покрытия достигают точности 0,1 с. Поскольку реакции наблюдателей на быстрые изменения различны, неизбежны различия в зарегистрированном ими времени наступления одних и тех же явлений. Это так называемое личное уравнение обычно учитывается только при окончательном анализе наблюдений.

Касательные покрытия

Касательные покрытия происходят, когда Луна при движении по небу слегка «задевает» звезду северным или южным краем диска. В этом случае из-за неровностей лунной поверхности звезда в процессе покрытия может исчезать и появляться неоднократно. Касательное покрытие представляет собой удивительное зрелище, поэтому старайтесь по мере возможности не пропустить этого явления. Однако здесь требуется более тщательная подготовка, чем при наблюдении обычных покрытий. Дело в том, что касательное покрытие можно наблюдать только в пределах узкой полосы на поверхности Земли. Поэтому для наблюдения необходимо заранее установить переносной телескоп в нужном месте. Особенно ценных результатов можно добиться, если в работу включатся одновременно несколько наблюдателей, установив телескопы в различных пунктах в пределах полосы наблюдений. Такие совместные наблюдения позволяют (по различиям моментов времени исчезновения и появления звезды) построить довольно точную картину распределения неровностей на краю лунного диска.



Рис. 88. Касательные покрытия происходят у северной и южной кромки диска Луны. Они случаются гораздо реже центральных затмений, длительность которых может достигать примерно часа.

Неожиданность исчезновения и появления звезды при касательном покрытии значительно усложняет процедуру регистрации точных моментов начала и конца события. При наблюдениях такого рода лучше всего записывать на один магнитофон как сигналы точного времени, так и «метки» начала и конца каждого появления и исчезновения звезды. Такими «метками» могут служить громко произнесенные слова (например, «есть» и «нет») или короткие звуковые сигналы. Однако лучше всего поступить следующим образом: включить непрерывный звуковой сигнал, пока звезда не видна, и отключить его, как только она появляется вновь. Если во время наблюдений нет возможности записать на магнитофон одновременно и сигналы точного времени, передаваемые по радио, то их можно узнать по телефону и записать на магнитофон до и после покрытия. Правда, процедура определения точного времени в этом случае не столь точна, поскольку из-за колебаний температуры и напряжения в сети или в батареях скорость записи магнитофона также меняется. Тем не менее тщательно проведенные наблюдения все же дают довольно хорошие результаты.

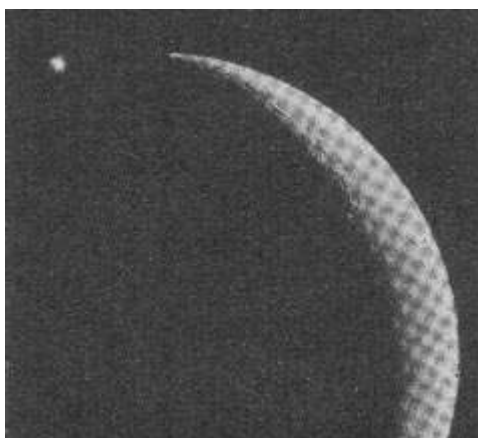


Рис. 89. На фотографии запечатлен момент появления Венеры из-за темного лимба после ее покрытия Луной.

Другие виды покрытий

Луна может покрывать как звезды, так и планеты. В этом случае имеет смысл проводить не только визуальные, но и фотографические наблюдения. Большой интерес

представляют наблюдения покрытий звезд планетами. Из-за наличия у планет атмосферы исчезновение звезды при покрытии происходит постепенно. При наблюдении планеты Сатурн иногда может особенно повезти — вы увидите покрытие звезд кольцами планеты. Но такие наблюдения требуют особой тщательности — следует фиксировать малейшие изменения в яркости звезды, даже если звезда все время остается видимой. О покрытии звезд малыми планетами (астероидами) мы расскажем далее.

Солнце

Солнце — настолько яркое небесное тело, что при его наблюдении необходимо соблюдать особые меры предосторожности. Ни невооруженным глазом, ни в какой-либо прибор на него нельзя смотреть без защитных приспособлений. Даже при пользовании небольшой линзой в глаз попадает настолько много света, что это может привести к длительной потере зрения или полной слепоте. Любому из нас приходилось неоднократно убеждаться в этом, когда солнечные лучи попадали на лицо и слепили глаза. Яркость Солнца значительно меньше, когда оно находится низко над горизонтом, но и в этом случае при наблюдении следует быть предельно осторожным.

Безопаснее и проще всего спроектировать изображение Солнца на белый экран. Наиболее удобен для этих целей небольшой рефрактор. Рефлекторы, если они не сконструированы особым образом, не годятся для таких наблюдений. (При отсутствии телескопа вы вполне можете воспользоваться половиной бинокля.) В целях безопасности перед наблюдением убедитесь, что искатель телескопа (или объектив второй половины бинокля) закрыт крышечкой. Экран с белым листом бумаги жестко прикрепите за окуляром перпендикулярно оптической оси. Используя тень телескопа как гидирующее устройство, наведите телескоп на Солнце. Перемещением экрана вдоль оптической оси добейтесь нужного размера изображения Солнца, а его резкость подрегулируйте, соответствующим образом подбирая и перемещая окуляр. Телескоп нельзя оставлять наведенным на Солнце слишком долго, поскольку солнечные лучи, сконцентрированные на окуляре, могут так разогреть его, что он выйдет из строя, особенно если окуляр представляет собой сложную систему склеенных линз.

Использование простого экрана не совсем удобно даже при наличии защиты от прямого солнечного света. Экран лучше поместить в легкий корпус и жестко закрепить его на окулярной части. Изображение Солнца рассматривается через специальное отверстие. Пытайтесь так подобрать размер проекционной камеры и окуляра, чтобы изображение Солнца имело стандартный диаметр — 152 мм.

При визуальных наблюдениях Солнца в телескоп не вздумайте пользоваться обычными светофильтрами — они не безопасны. Это относится даже к стеклянным, так называемым солнечным фильтрам, которыми снабжены небольшие рефракторы. Особенно опасны фотографические нейтральные и поляризационные фильтры, так как они могут пропускать невидимое, но вредное для глаз инфракрасное излучение.

Безопасны только специальные отражательные фильтры. Они представляют собой стеклянную пластинку с отражательным металлическим покрытием или специальную майларовую пленку, которые крепятся перед объективом. Такие фильтры пропускают менее 1% света. Отражаясь от фильтра, солнечный свет не попадает внутрь телескопа и не нагревает его, что весьма существенно при наблюдениях. Хотя эти фильтры пропускают малое количество света, все же приходится уменьшать апертуру телескопа.

Наиболее удобна для наблюдения Солнца экваториальная установка телескопа. В этом случае легко следить за суточным перемещением Солнца по небу и его ориентацией. При наблюдении изображения Солнца, спроецированного на экран, иногда возникают трудности с его ориентацией. Чтобы правильно сориентироваться, достаточно слегка сместить изображение Солнца поочередно вдоль каждой из осей. Если вы не пользуетесь специальными приспособлениями, то ориентация изображения Солнца на экране отличается

от истинной (видимой невооруженным глазом) только тем, что западный и восточный края солнечного диска меняются местами.

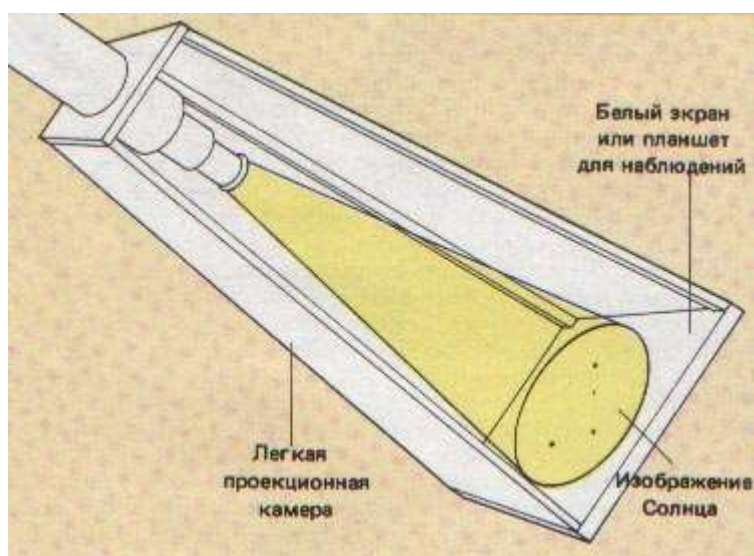


Рис. 90. Единственный безопасный способ визуального наблюдения Солнца — спроецировать его изображение на белый экран (показано устройство простейшей проекционной камеры).

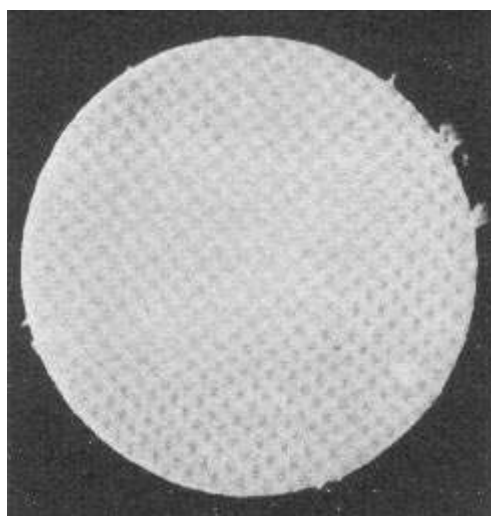


Рис. 91. Этот любительский снимок Солнца сделан с помощью специальной установки (спектрогелиографа), которая создает изображение Солнца на определенной длине волны спектра. Чтобы получить изображение протуберанцев, видимых на лимбе, потребовалась длительная экспозиция, что привело к передержке и потере деталей на изображении солнечного диска.

На экране заранее нарисуйте окружность — контур изображения Солнца нужной величины — и нанесите на нее слабую сетку из прямых линий. Такой же контур с отчетливой сеткой начертите на отдельном листе и в дальнейшем подкладывайте его под полупрозрачный лист бумаги, на котором будете делать зарисовки Солнца. Благодаря такому нехитрому приспособлению можно точно наносить на рисунок расположение наблюдаемых деталей солнечной поверхности. Приступая к наблюдениям, отрегулируйте положение проекционной камеры таким образом, чтобы северный и южный края солнечного диска лежали точно на линиях сетки. (При азимутальной монтировке телескопа регулировку придется производить неоднократно на протяжении всего наблюдения.)

При наличии отражательных фильтров можно вполне удовлетворительно заниматься фотографированием Солнца. Не фотографируйте Солнце через длиннофокусные объективы без упомянутых выше мер предосторожности, поскольку солнечное тепло может вывести из строя затвор фотокамеры.

Детали солнечной поверхности

Солнце представляет собой типичную, сравнительно небольшую звезду (его диаметр составляет 1392 530 км). Оно находится на расстоянии одной астрономической единицы от Земли (1 а.е. = 147 597 870 км), а его видимый угловой диаметр равен всего лишь примерно 30'. И тем не менее Солнце — единственная звезда, которую мы можем изучать в деталях, наблюдая на ее поверхности много интересных образований.

Видимую поверхность Солнца называют фотосферой. Самые заметные структурные образования на ней — пятна. Они обычно состоят из темного центрального ядра (тень), окруженного менее темной областью (полутень). При благоприятных условиях в полутени удается различить радиальные структуры. При длительных наблюдениях (в течение нескольких дней) можно заметить перемещение пятен поперек солнечного диска, что обусловлено вращением Солнца вокруг собственной оси. Так как Солнце представляет собой раскаленный газовый шар, разные его части вращаются с разной скоростью; экваториальные области — быстрее приполярных; средний период вращения Солнца вокруг своей оси составляет 27,27 суток. Видимое перемещение солнечных пятен по диску зависит от наклона оси вращения Солнца относительно оси вращения Земли. На лимбе пятна кажутся сплюснутыми.

Солнечные пятна кажутся темными потому, что они холоднее окружающей поверхности. Солнечные пятна — это области с особенно сильным магнитным полем, часто два пятна с противоположной полярностью магнитного поля объединяются в тесную пару. Наблюдаются также сложные группы пятен, охватывающие значительные области солнечной поверхности. Отдельные солнечные пятна представляют собой короткоживущие образования, которые через несколько дней полностью исчезают. В отличие от этого группы пятен и центры активности обычно более устойчивы; их эволюцию можно проследить день за днем на протяжении 7-10 суток, когда они хорошо видны на диске Солнца. Наиболее долгоживущие группы пятен могут скрываться и вновь появляться из-за лимба в течение нескольких периодов вращения Солнца. Подсчет числа активных областей на солнечном диске — задача довольно простая, но вместе с тем весьма важная.

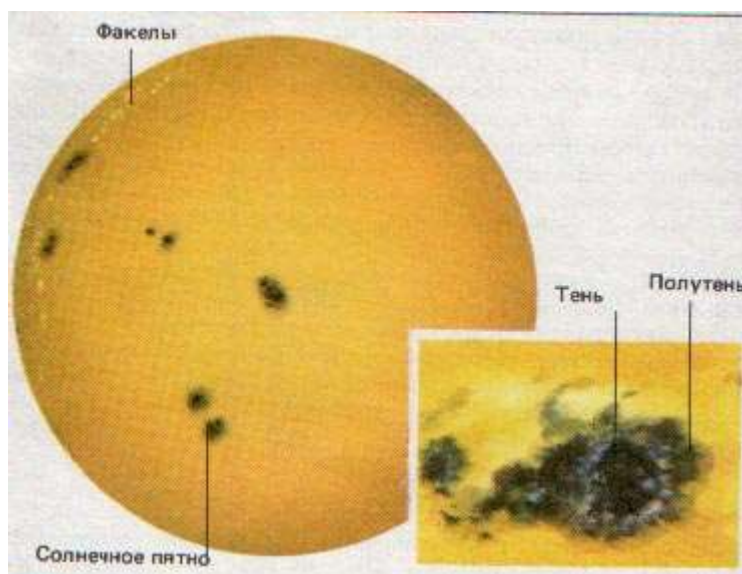


Рис. 92. К числу основных деталей, видимых на поверхности Солнца, относятся пятна и факелы, а также общее потемнение солнечного диска к краю.

Число и распределение солнечных пятен меняется примерно с одиннадцатилетним периодом; его называют 11-летним циклом солнечной активности. Этот цикл действительно отражает общую солнечную активность, и изменение пятен — лишь незначительная, хотя и наиболее заметная ее черта. В начале каждого цикла небольшие пятна появляются сначала в обоих полушариях Солнца — на широтах выше 35° . В дальнейшем центры активности и пятнообразования медленно перемещаются к экватору, причем максимальное число пятен образуется на широте $\pm 15^\circ$. Достигнув максимума, число пятен начинает уменьшаться. В то время как старые области активности продолжают медленно смещаться к экватору, на высоких широтах зарождаются пятна и центры активности нового цикла.

Пятна окружены яркими образованиями (факелами) в виде волокон разнообразной формы, которые нередко видны до и после появления пятен. Факелы наиболее заметны на краю солнечного диска. Наряду с факелами наблюдаются гранулы; они представляют собой небольшие светлые неустойчивые образования овальной формы, покрывающие всю фотосферу наподобие сетки (это явление называют грануляцией). Даже в небольшой телескоп можно заметить еще одну характерную особенность — потемнение солнечного диска к краю. Это явление связано с тем, что на краю диска мы видим свет от более холодных внешних областей Солнца, а в центре — свет, идущий из более горячих глубин Солнца.

Солнечные затмения

В период новолуний, когда Луна, совершая свое движение вокруг Земли, оказывается между ней и Солнцем, эти три небесных тела изредка располагаются вдоль одной линии. Обычно тень Луны минует Землю. Однако не менее двух раз в году (и не более пяти) тень Луны падает на Землю, и в тех районах земного шара, где это происходит, наблюдаются солнечные затмения.

Как и земная, лунная тень состоит из двух областей: полной тени и полутени. В местах, которые попадают в полутень, наблюдается частное солнечное затмение — когда Луна закрывает лишь часть солнечного диска. Частные солнечные затмения обычно не представляют большого интереса для астрономов, тем не менее их наблюдения дают определенную возможность потренироваться в астрономической фотографии. Однако нужно всегда помнить, что при наблюдении частных солнечных затмений следует соблюдать такие же меры предосторожности, как и при наблюдении самого Солнца: нельзя смотреть на него прямо ни невооруженным глазом, ни в бинокль, ни в телескоп, иначе вы можете ослепнуть.

В тех районах Земли, которые попадают в область полной тени Луны, наблюдается полное солнечное затмение. Луна целиком закрывает солнечный диск, среди дня небо темнеет, и на нем могут появиться яркие звезды и планеты. Зона, где может наблюдаться полное солнечное затмение, охватывает узкую полосу на поверхности Земли (шириной не больше 300 км). Именно поэтому в каждом данном месте полные солнечные затмения — довольно редкое явление. Вследствие вращения Земли вокруг своей оси и обращения вокруг Солнца, а также движения Луны вокруг Земли тень Луны с огромной скоростью пронесется по земной поверхности. По этой причине максимальная продолжительность полной фазы затмения в данном месте не может превышать 7 мин 30 с, а так как расстояние между Луной и Землей меняется, иногда вершина конуса полной лунной тени касается Земли в каком-то месте всего на несколько секунд. В тех же случаях, когда вершина конуса полной лунной тени не достигает земной поверхности, наблюдается кольцеобразное солнечное затмение. Солнце не закрывается полностью лунным диском — часть его выступает из-за Луны в виде кольца.

Самая значительная структура, которую удастся наблюдать во время полного солнечного затмения, — это солнечная корона, простирающаяся далеко в пространство.

Корону составляют самые внешние области солнечной атмосферы, ее температура достигает нескольких миллионов градусов. Форма и размеры короны изменяются в ходе 11-летнего цикла солнечной активности: при минимуме солнечных пятен она имеет более правильную форму. Часто в короне можно заметить длинные светлые лучи (стримеры), а на полюсах — более короткие полярные щеточки. Ближайшую к Солнцу внутреннюю часть короны можно исследовать в любое время, а не только в период затмений, используя специальные приборы. Но внешняя часть короны видна лишь во время затмений.

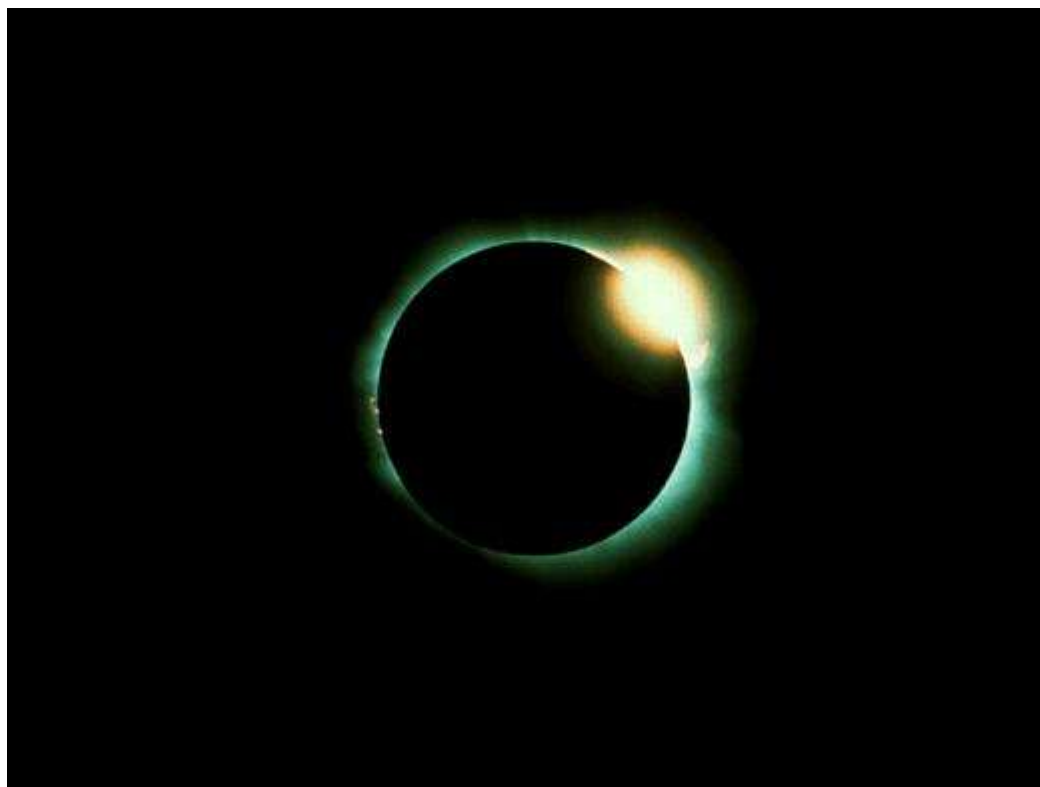


Рис. 93. «Бриллиантовое кольцо» можно увидеть в самом начале и в конце полного солнечного затмения.

Неизгладимое впечатление производят яркие, розоватого цвета протуберанцы, выступающие на солнечном лимбе. По форме напоминающие петли и жгуты из светящегося газа, протуберанцы, по-видимому, представляют собой выбросы вещества с поверхности Солнца, но скорее — это потоки вытекающего из короны газа. Некоторые астрономы-любители имеют специальное оборудование, позволяющее наблюдать протуберанцы в любое время, даже на ярком солнечном диске — в этом случае их называют волокнами (филаментами).



Рис. 94. Частное солнечное затмение можно безопасно фотографировать только через специальные фильтры, установленные за объективом фотокамеры.



Рис. 95. Тонкая структура короны, показанная на фотографии, характерна для периода, близкого к минимуму солнечной активности.



Рис. 96. Полное солнечное затмение можно наблюдать на поверхности Земли лишь в узкой полосе, по которой пробегает вершина конуса лунной тени.

Когда Луна почти полностью покрывает солнечный диск, он тем не менее может проступать между лунными горами и долинами в виде ярких точек, которые называют «четками Бэйли». Перед наступлением полного затмения и в конце его может вспыхнуть узкая, не покрытая Луной часть фотосферы; это удивительное явление носит название «Бриллиантовое кольцо».

Наблюдения планет

При наличии выбора для наблюдения планет лучше использовать рефрактор, рефлектор системы Кассегрена или катадиоптрическую систему. Благодаря значительному

фокальному отношению (большой обратной светосиле) эти устройства создают в первичном фокусе более увеличенное изображение, чем рефлекторы системы Ньютона, а небольшое поле зрения при наблюдении планет не столь существенно.

Если же выбора нет и вы располагаете только телескопом системы Ньютона, то, используя линзу Барлоу (см. с. 85) и окуляр хорошего качества, вы все же можете добиться неплохих результатов. Чтобы разглядеть хоть какие-то детали на поверхности планет, телескоп должен иметь объектив диаметром не менее 75 мм. Телескопы с большими апертурами обладают тем преимуществом, что, собирая значительное количество света, они позволяют использовать большое увеличение, создавая тем самым возможность для изучения более тонких деталей.

Поскольку состояния большинства планет чрезвычайно изменчивы, никогда нельзя знать заранее, какая картина откроется вам при наблюдениях. Впервые приступая к наблюдению планет, не огорчайтесь, если сначала не увидите ничего, кроме маленького диска планеты-глазу нужно привыкнуть, чтобы различать слабые детали на поверхности. Освоившись со своим телескопом и обретя некоторые навыки, вы обнаружите, что с каждым наблюдением замечаете их все больше. В дальнейшем вы увидите, что иногда на короткое время условия наблюдения становятся настолько благоприятными, что на маленьком диске планеты «проступает» множество разнообразных деталей, которые трудно сразу охватить и зарисовать. Помните, что порой не менее важно знать об отсутствии каких-либо видимых деталей на планете — в первую очередь это относится к Венере и Марсу. Никогда не забывайте отметить эти «отрицательные» наблюдения.



Рис. 97. Сравнение максимальных и минимальных видимых размеров планет. У Юпитера относительное изменение видимых размеров минимально.

Используйте любую возможность просто посмотреть на планету в телескоп, и чем чаще вы будете это делать, тем больше деталей сумеете различить. С каждым разом старайтесь все более тщательно проводить наблюдения; тогда вид планеты станет для вас привычным, и вы сможете быстрее заметить любые неожиданные изменения на ее поверхности.

Приведем далеко не полный перечень наблюдений, которые можно сравнительно легко проводить с помощью телескопа: зарисовки всей видимой поверхности и отдельных деталей планеты; оценка яркости и фазы планеты; определение моментов времени прохождения той или иной детали через центральный меридиан диска планеты. Астроному-новичку лучше начать с зарисовок всей видимой поверхности планеты или отдельных структур. Системы спутников Юпитера и Сатурна открывают дополнительные возможности для наблюдения разнообразных интересных явлений (подробнее об этом говорится далее). Фотографические наблюдения планет настолько специфичны, что в нашей книге они не обсуждаются.

Хотелось бы обратить внимание на один важный момент, а именно путаницу, которая может возникнуть с понятиями «восток» и «запад» применительно к ориентации деталей поверхности планет (и Луны). До наступления эры систематических исследований небесных тел с помощью космических аппаратов эти понятия всегда соответствовали наблюдаемой невооруженным глазом ориентации небесной сферы: считалось, что одна видимая деталь находится восточнее другой, если она расположена левее (с точки зрения наблюдателя, находящегося в Северном полушарии). Однако при составлении подробных карт Луны и планет с помощью космических аппаратов (и чтобы избавить от путаницы астронавтов, ступающих на поверхность Луны) стало абсолютно необходимым введение такой же ориентации системы широт и долгот, как на поверхности Земли. Это привело к переориентации двух направлений — восток и запад; так, Восточное Море (Marie Orientate) сейчас считается расположенным к западу от центрального меридиана Луны.

На планетах, как и на Луне, имеется терминатор-линия, разделяющая освещенную Солнцем часть поверхности планеты от неосвещенной. У Меркурия и Венеры терминатор хорошо различим, у Марса едва заметен, а Юпитер и Сатурн расположены так далеко от Земли и Солнца, что линия терминатора у них практически совпадает с видимым краем диска. Вследствие вращения планет у них различаются утренний и вечерний терминаторы; в ряде случаев с ними связаны появление и распространение некоторых особых образований на планете (здесь прежде всего следует отметить облака на Марсе).

Зарисовки планет

Приступая к зарисовкам, необходимо заранее приготовить листы бумаги, на которые нанесены контуры планеты. При движении планет по орбитам расстояния между ними и Землей изменяются, соответственно меняются и видимые размеры планет; эти изменения особенно заметны у Венеры и Марса. Несмотря на это, большинство организаций, координирующих работу астрономов-любителей, рекомендуют использовать при зарисовках каждой из планет контуры определенного диаметра; это облегчает обработку и сравнение результатов, полученных различными наблюдателями. Поэтому при зарисовках старайтесь придерживаться рекомендуемых стандартов.

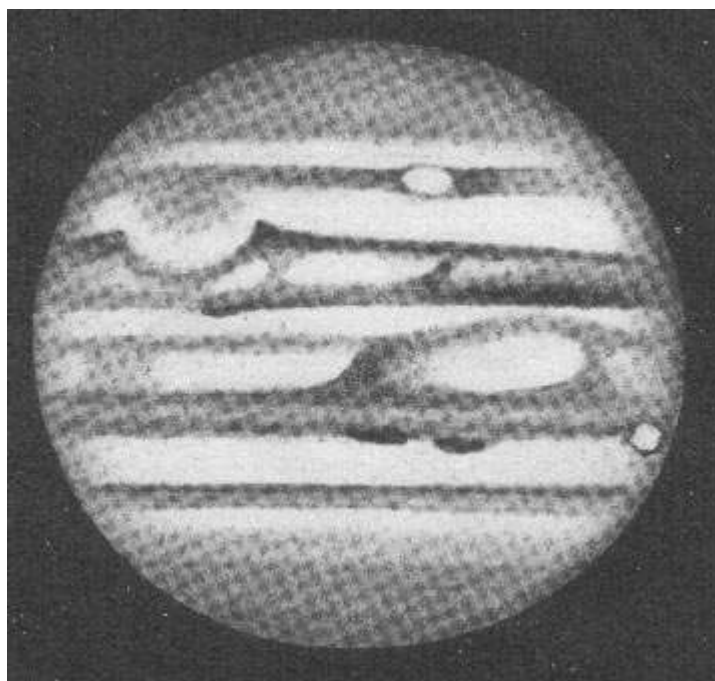


Рис. 98. Юпитер 19 июля 1983 г. в 20 ч 46 мин по всемирному времени. Рисунок

Ричарда Маккима, сделанный при наблюдении в телескоп-рефлектор с зеркалом диаметром 216 мм (8 дюймов). Виден спутник Ио, пересекающий диск планеты вдоль границы между Северной экваториальной полосой и Северной тропической зоной.



Рис. 99. Рисунок Марса, сделанный Ричардом Баумом 30 октября 1973 г. с помощью 115-миллиметрового (4 дюйма) рефрактора с увеличением 186 раз.

Назовем еще ряд моментов, которые необходимо учитывать, приступая к зарисовкам планет. Так как Юпитер и Сатурн вследствие быстрого вращения вокруг своей оси заметно сплюснены у полюсов, их контуры не представляют собой идеальные окружности, поэтому при зарисовках нужно применять специальные шаблоны или обводить контуры изображений планет. Что касается Сатурна, то здесь дополнительные трудности связаны с наличием колец, вид которых меняется со временем. При зарисовках Меркурия, Венеры и Марса в качестве контуров можно использовать окружности. Правда, здесь возникают свои трудности, так как у этих планет наблюдаются фазы, аналогичные лунным, когда становится видимой только освещенная часть полусферы, повернутая к Земле. Фазы Меркурия и Марса можно предсказать, поэтому следует заранее нарисовать их контуры с учетом фазы. Величину фазы Венеры рассчитать нельзя — ее терминатор следует зарисовывать при наблюдениях. Фазы Юпитера и Сатурна проявляются настолько слабо, что при зарисовках ими можно пренебречь.

Чтобы научиться различать детали на поверхности планеты, пытайтесь зарисовывать их. Особенно важно это при изучении Марса, Юпитера и Сатурна, так как многообразие их поверхностных деталей и быстрое вращение приводят к тому, что облик поверхности заметно изменяется за короткое время наблюдения. Возможно, разумнее начать с простой зарисовки распределения светлых и темных областей по видимому диску планеты или сосредоточить внимание на некоторых наиболее заметных образованиях, чем пытаться в деталях изобразить весь видимый диск планеты. По мере приобретения опыта ваши рисунки будут все более подробными.

Оценки яркости поверхностных деталей

Анализ большого числа рисунков поможет вам оценить интенсивность различных деталей на поверхности планеты. При этом в зависимости от их относительной яркости им

приписывают соответствующие численные значения; подобная процедура не так сложна, как может показаться на первый взгляд. Шкала интенсивностей зависит от планеты и диапазона яркости образований, наблюдаемых на ее поверхности. Обычно интенсивность, соответствующую нулю, приписывают белым образованиям, а далее, чем темнее деталь, тем выше ее интенсивность. К сожалению, оценки интенсивности одних и тех же образований, полученные различными наблюдателями, заметно отличаются. И неудивительно, поскольку они зависят от телескопа, используемого увеличения, а также от условий наблюдения. Иногда может возникнуть путаница при точном отождествлении образований, характеризующих той или иной величиной интенсивности, поэтому оценку интенсивностей лучше делать непосредственно на рисунке планеты, даже если он довольно приблизителен.

Фильтры. При обычных зарисовках и оценке интенсивностей деталей планет можно пользоваться различными светофильтрами. Однако следует помнить, что, если ваш телескоп небольшой, фильтры могут оказать и плохую услугу, так как способствуют дополнительной потере света. Исключение составляет Венера, яркость которой настолько велика, что применение нейтрального светофильтра, уменьшающего ее, улучшает условия наблюдения. Марс и Венера — наиболее удобные объекты для наблюдения с помощью цветных светофильтров. Нет также особых «противопоказаний» для использования цветных светофильтров при наблюдении Юпитера и Сатурна. Например, наблюдение Марса через светло-синий фильтр позволяет лучше изучить его атмосферные образования, тогда как оранжевый и красноватый фильтры помогают увидеть больше деталей на самой поверхности планеты. Некоторые типы окуляров специально снабжены резьбой для ввинчивания стеклянных оптических светофильтров. Такие окуляры с набором светофильтров очень удобны, но довольно дороги. Обычные фотографические фильтры, сделанные на желатиновой основе, значительно дешевле, их легко вырезать нужного размера и закрепить в несложную оправу или специальный адаптер, подобный тому, какой используют при наблюдениях Луны через фильтры (см. с. 141). Правда, эти фильтры требуют более аккуратного обращения, и, кроме того, их довольно трудно чистить. Никогда не устанавливайте фильтры вблизи фокальной плоскости объектива, так как в этом случае особенно сильно проявляются их дефекты, что сказывается на качестве наблюдений.

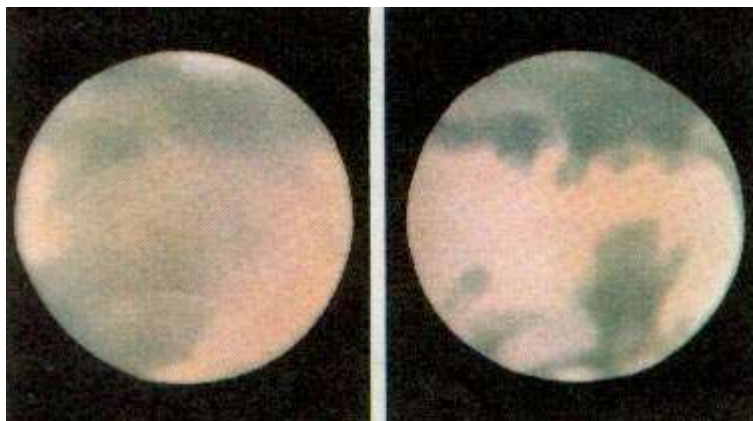


Рис. 100. Изображения Марса, полученные через синий (слева) и красный (справа) фильтры. На первом выделены атмосферные детали, на втором-детали поверхности планеты.

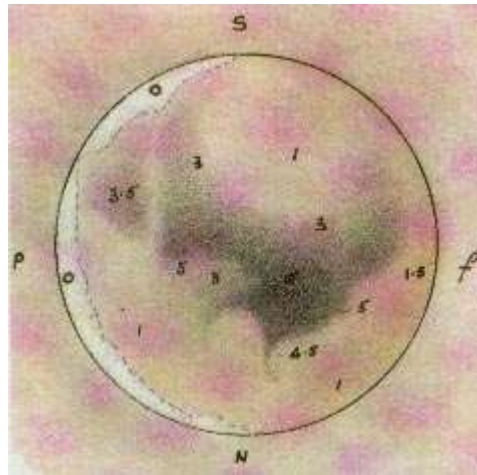


Рис. 101. Распределение яркости по видимому диску Марса; данные Р. Баума, полученные 19 ноября 1973 г. в 19 ч 30 мин по всемирному времени.

Время прохождения деталей структуры планеты через центральный меридиан

Вращение планеты вокруг своей оси открывает возможность для наблюдения прохождения ее различных образований через центральный меридиан. Регистрация моментов этих прохождений — одна из интереснейших задач наблюдения. Точное знание моментов прохождения (с точностью до минуты) позволяет определить истинную долготу отдельных пятен и образований на поверхности планеты. При таких наблюдениях очень помогают таблицы, где указывается долгота центрального меридиана в 00Ч 00М по всемирному времени и изменение его положения через определенные интервалы. (Эти данные, в основном для Марса и Юпитера, публикуются в соответствующих календарях. — *Перев.*) С помощью таблиц можно определить долготу поверхностных деталей, которые вам удалось заметить. Регистрация моментов прохождения деталей через центральный меридиан планеты — один из самых точных методов определения их положения на поверхности. Проводя такие измерения по несколько раз для одних и тех же образований, можно исследовать их перемещение относительно друг друга. При этом выясняется немало неожиданного, например, что отдельные пятна на Юпитере блуждают вокруг других.



Рис. 102. Отсчет времени перемещения различных образований по диску планеты можно производить относительно как реального (поперечная нить), так и воображаемого центрального меридиана.

Далее мы расскажем и о других типах прохождений, например о прохождении

внутренних планет по диску Солнца.

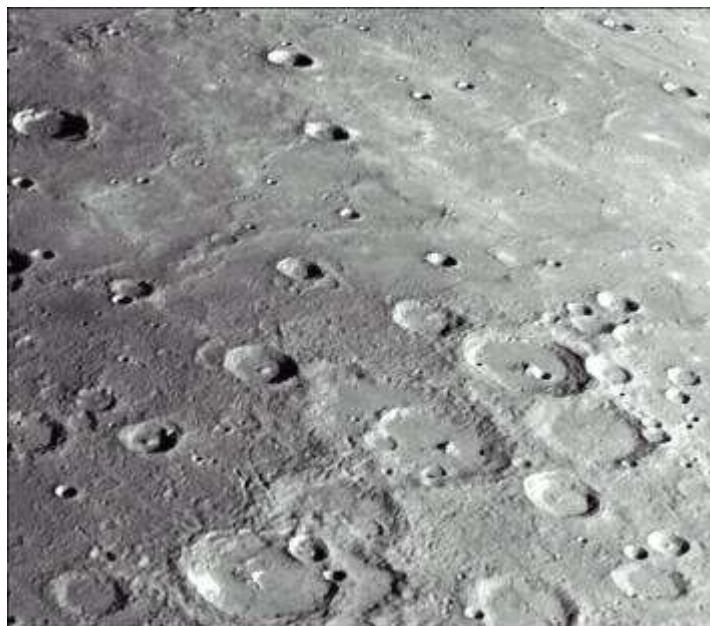


Рис. 103. Детальную информацию о строении поверхности Меркурия дают лишь фотографии, полученные с борта космических аппаратов.

Внутренние планеты

К внутренним планетам, лежащим между Землей и Солнцем, относятся Меркурий и Венера. У этих планет наблюдается полный набор фаз — от узкого едва заметного серпа, когда они находятся в нижнем соединении между Землей и Солнцем, до «полной» фазы в верхнем соединении, когда Солнце расположено между планетой и Землей. Вследствие своей близости к Солнцу эти планеты не поднимаются высоко над горизонтом ни вечером, ни утром. По этой причине их наблюдения довольно часто проводят при дневном свете — в течение двух часов до восхода и после захода Солнца. При дневных наблюдениях Венеры уменьшается контраст между яркой планетой и фоном неба, что позволяет увидеть на ней больше деталей.

Меркурий

Яркость Меркурия на нашем небе может достигать $-1,7m$, что сравнимо с яркостью Сириуса ($-1,4m$). Меркурий никогда не удаляется от Солнца более чем на 28° , поэтому его поиск и наблюдение довольно сложны. Жителям Северного полушария удобнее наблюдать планету весной, когда она находится в восточной элонгации, и осенью — в западной элонгации. В эти периоды высота Меркурия над горизонтом максимальна, хотя его угловое расстояние от Солнца не превышает 18° . Максимальные элонгации Меркурия приходятся на период, когда его высота над горизонтом минимальна. Жители Южного полушария имеют в этом отношении определенные преимущества, так как здесь планета может находиться не только высоко над горизонтом, но и одновременно на максимальном расстоянии от Солнца (28°). Такие благоприятные условия наблюдений складываются в утренние часы осенью (апрель) и в вечерние часы весной (сентябрь), когда планета находится соответственно в западной и восточной элонгациях. В тропиках условия наблюдения Меркурия вполне удовлетворительны во всех элонгациях.

Единственный приемлемый способ обнаружения Меркурия-наведение телескопа по

координатам с помощью разделенных кругов. Ввиду близости планеты к Солнцу нужно всегда быть предельно осторожным. Наиболее безопасно наблюдать за планетой, когда она находится в восточной элонгации. В этом случае телескоп лучше установить около здания таким образом, чтобы при суточном движении Солнца тень от здания все больше загромождала вас от прямого солнечного света. Очевидно, что подобный способ не вполне безопасен при наблюдениях Меркурия, когда он находится в западной элонгации. В этот период удобнее и безопаснее наблюдать планету на фоне утренней зари перед восходом Солнца. Обнаружив планету, вы можете следить за ней уже при дневном свете, по мере ее суточного движения впереди Солнца.

Обычно Меркурий имеет тусклый белый цвет, иногда приобретая красный или желтоватый оттенок; поэтому, даже обнаружив планету, вы далеко не всегда сможете что-нибудь разглядеть на ней. В небольшой телескоп (диаметр объектива около 75 мм) удастся различить только фазы Меркурия. В более крупные телескопы (с апертурой 100-155 мм) можно заметить отдельные темные пятна на диске планеты; увидеть нечто большее не удастся даже в крупные телескопы. Некоторые наблюдатели считают, что детали на поверхности Меркурия становятся более контрастными и легче различимыми, если воспользоваться прозрачным желтым фильтром. Попробуйте это сделать — не исключено, что вам удастся заметить больше деталей.

Венера

Венеру, которая является самой яркой планетой (ее звездная величина может достигать $-4,3m$), легко найти на небе. Ее угловое расстояние от Солнца может достигать 47° , в этот период она доступна наблюдениям в течение нескольких недель. Опыт показывает, что при дневных наблюдениях Венеры значительно уменьшается контраст между яркой планетой и фоном неба, благодаря чему удается различить на ее диске слабые детали. Венера настолько ярка, что при наблюдениях в телескоп вам, возможно, придется воспользоваться нейтральным фильтром. Венера крупнее Меркурия и подходит ближе к Земле, поэтому даже в обычный бинокль можно увидеть ее фазы. Чтобы различить хоть какие-то детали на поверхности планеты, необходим телескоп с апертурой не менее 100 мм, но все же предпочтительнее более крупный инструмент.

Единственные различимые в телескоп детали представляют собой облачные образования в верхних слоях плотной атмосферы планеты; они в лучшем случае едва заметны, так что их довольно трудно зарисовать. Однако следует напомнить, что именно благодаря наблюдениям любителями этих слабых образований удалось определить период обращения верхних слоев атмосферы (он составляет около 4 сут) задолго до того, как это было сделано с помощью космических аппаратов. (Период вращения вокруг своей оси твердого невидимого «тела» планеты равен 243 сут; это вращение происходит в обратном направлении.)

На планете заметны как светлые, так и темные образования, но обычно довольно трудно изобразить их на рисунке без преувеличения контраста. Поэтому, если считаете нужным, делайте соответствующие пометки о контрасте тех или иных деталей, по возможности оценивая их интенсивность. Довольно часто у Венеры можно видеть вытянутые «рога», которые в основном, хотя и не всегда, точно совпадают с полярными областями. Иногда вокруг этих областей можно увидеть более темные, похожие на ожерелье образования. В некоторых случаях фильтры позволяют более отчетливо различить детали на Венере; лучше всего для этого подходит светло-желтый фильтр [типа Wratten 15, т.е. ЖС(4) и ЖС(12). — *Ред.*]. Как и при наблюдениях других планет, важно отмечать также отсутствие видимых деталей.

Длина «рогов» серпа Венеры меняется — они то укорачиваются, то удлиняются. Терминатор скорее представляет собой неровную линию, чем гладкую. Старайтесь

тщательно зарисовывать эти изменения. Неровности на терминаторе порою затрудняют точное определение фазы планеты, которая довольно часто отличается от предсказанной. Особенно заметно (иногда на несколько дней) отличается теоретически вычисленная фаза Венеры от реально наблюдаемой в так называемой дихотомии, когда видна половина освещенного диска планеты. (Это явление получило название эффекта Шрётера — по имени ученого, впервые обратившего на него внимание.) Дихотомия наступает в начале восточной и в конце западной элонгации. Хотя реальность эффекта Шрётера не вызывает теперь сомнений, его природа пока еще не ясна. Положение терминатора довольно трудно измерить точно по одному наблюдению; обычно для определения среднего значения фазы используется несколько рисунков из каждого цикла наблюдений. Для более точного измерения фазы следует применять микрометр. К сожалению, этот прибор не доступен большинству наблюдателей.



Рис. 104. При фотографировании Венеры с Земли даже с использованием светофильтров на снимках редко удается заметить какие-либо детали в атмосфере планеты.

В фазе очень узкого серпа иногда удается заметить слабое свечение на неосвещенной части диска планеты — это так называемый пепельный свет Венеры. Наблюдение пепельного света связано с большими трудностями: чтобы иметь возможность увидеть его, в окулярной части телескопа необходимо установить узкую, в форме серпа Венеры, диафрагму, предохраняющую глаз от яркого света планеты. Предполагается, что пепельный свет связан с полярными сияниями, происходящими в верхних слоях атмосферы Венеры. Не исключено, однако, что это просто оптическая иллюзия, как и эффект противоположного свойства, наблюдаемый на неосвещенной части диска Венеры, которая временами кажется темнее, чем окружающий небесный фон.

Прохождение планет по диску солнца

Хотя Меркурий и Венера довольно часто проходят через нижнее соединение, они редко «выстраиваются» в одну линию с Солнцем и Землей. В этих случаях наблюдаются прохождения планет по диску Солнца. При изучении этого явления необходимы те же меры предосторожности, что и при исследовании Солнца. Последнее прохождение Меркурия по диску Солнца наблюдалось 13 ноября 1986 г., следующие произойдут 6 ноября 1993 г. и 15 ноября 1999 г. Прохождения Венеры более редки; они происходят парами с перерывом более чем в сто лет. Последние наблюдались в декабре 1874 г. и декабре 1882 г., следующие

предстоят в июне 2004 г. и июне 2012 г.

Марс

Марс — одна из наиболее интересных для изучения планет. Однако вследствие особенностей обращения вокруг Солнца условия наблюдения этой планеты не всегда благоприятны. Противостояния Марса повторяются через 780 суток; если они происходят вблизи афелия (что случается в январе и феврале), то его видимый угловой диаметр не превышает всего 13". Во время великих противостояний, происходящих вблизи перигелия планеты (они приходятся на август и сентябрь), ее видимый угловой диаметр может возрасти до 26". В это время Марс находится южнее эклиптики, и жителям Южного полушария предоставляется замечательная возможность изучать планету в наиболее удобном положении. В Северном полушарии Марс в это время находится слишком низко над горизонтом. Во время великих противостояний Марс обращен к Земле южным полюсом, его северный полюс виден только в период противостояний, когда Марс находится вблизи афелия своей орбиты. Но, несмотря на все трудности, опытным наблюдателям удастся различить разнообразные детали на планете во время любых противостояний.

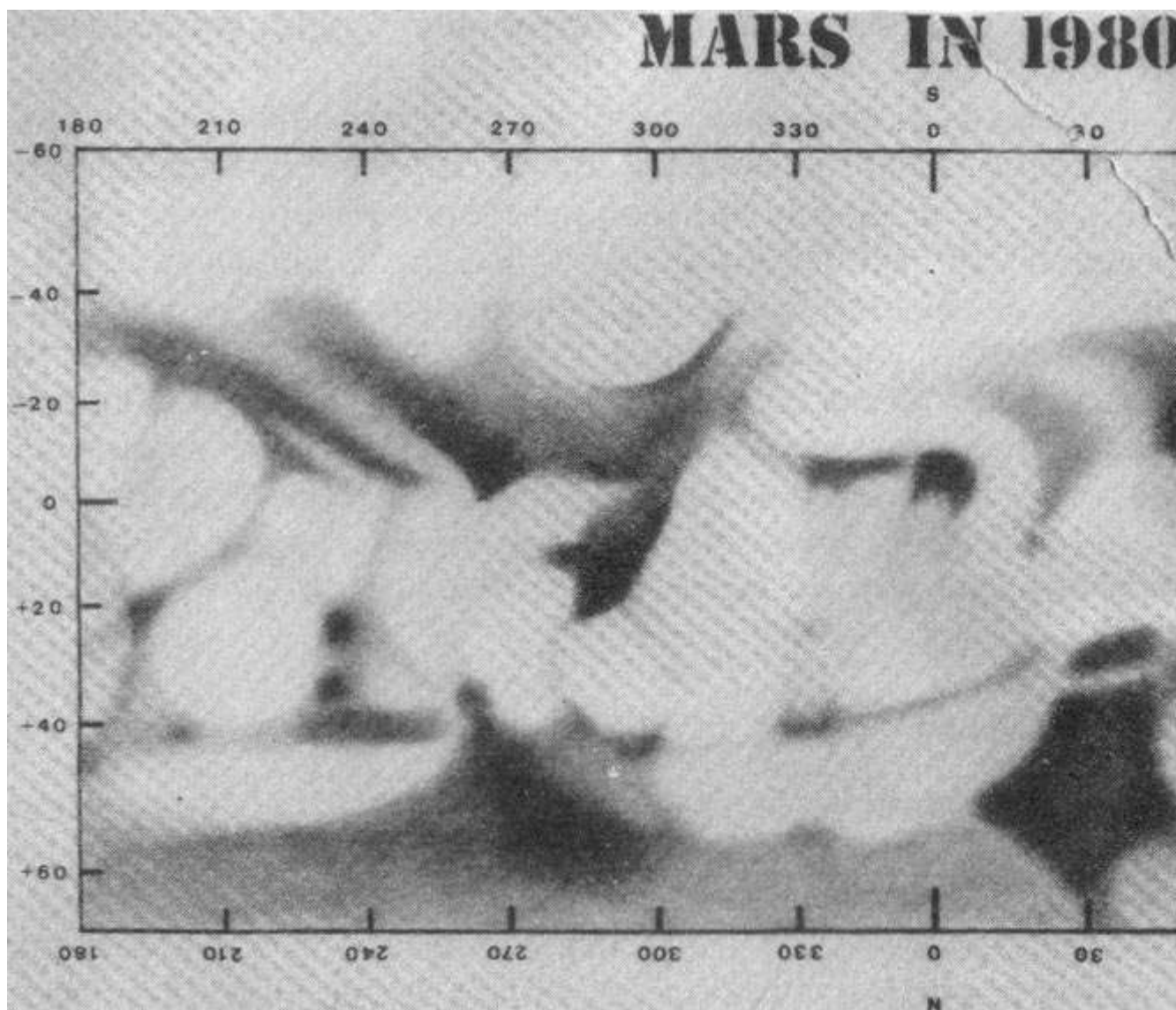


Рис. 105. Карта Марса, составленная Р. Маккимом на основе наблюдений, проведенных

в 1980 г.

На довольно светлом фоне диска планеты заметно множество различных темных деталей. Благодаря вращению Марса вокруг своей оси перед наблюдателем открываются различные области планеты и, вооружившись терпением, при систематических наблюдениях вы сможете составить карту всей видимой поверхности планеты. Большинство видимых темных пятен, несомненно, связано с образованиями на самой поверхности планеты; по мере вращения планеты они периодически появляются на ее видимой стороне. При наблюдениях в течение нескольких лет некоторые темные образования претерпевают заметные изменения. Прежде эти изменения связывали с растительным покровом планеты, теперь их объясняют сильными ветрами, которые сметают вещество поверхностных слоев, перенося его из одного района планеты в другой. Временами, особенно в периоды великих противостояний, пылевые бури окутывают всю поверхность Марса. Интересно наблюдать, как после окончания бури по мере оседания пыли на поверхности вновь постепенно проступают прежние детали, но изменившиеся по форме и яркости. Более слабые пылевые бури изменяют вид отдельных участков поверхности Марса. По виду пылевые бури напоминают «желтый туман», который неоднократно отмечали исследователи Марса в прошлом.

Яркие полярные шапки меняют свои размеры в зависимости от сезона, южная полярная шапка иногда исчезает полностью. Временами от основного массива полярной шапки «откалываются» и постепенно исчезают небольшие участки; на поверхности шапки образуются трещины. Более темные участки, словно ожерелье, окаймляющие полярные шапки, не всегда удается объяснить только эффектами контраста — по-видимому, их форма и изменения обусловлены пылью, оседающей в этих районах. Нередко различные детали полярных шапок закрываются «полярным колпаком» из облаков, который порой простирается до широт 50-60°. К середине зимы облака обычно рассеиваются, вымерзая и оседая на поверхность; весной под действием солнечного тепла лед испаряется и облака появляются вновь. Сейчас твердо установлено, что основу северной полярной шапки Марса составляет обычный лед; та часть шапки, которая претерпевает заметные сезонные изменения, состоит как из обычного, так и сухого льда (твердой углекислоты). Углекислый газ замерзает только в течение самого холодного периода марсианской зимы.



Рис. 106. Рисунок Марса, сделанный Р. Баумом на основе наблюдений, проведенных 17 февраля 1980 г. в 22 ч 40 мин по всемирному времени. Видны многочисленные облачные образования на утреннем лимбе (Солнце слева).

В некоторых районах Марса иногда наблюдаются белые «туманы», особенно часто они возникают вблизи утреннего терминатора, где облака, образовавшиеся в холодные ночные часы, не успевают быстро исчезнуть с восходом Солнца. Эти облака не остаются на одном месте, и вы можете проследить за перемещением некоторых из них над поверхностью Марса. Наблюдаются также «синие туманы», порой покрывающие значительные участки диска планеты.

Наблюдения Марса

Чтобы увидеть хоть какие-то детали на поверхности Марса, нужен телескоп с апертурой не менее 100 мм, а для регулярных наблюдений предпочтительнее телескоп с объективом диаметром 150 мм. При этом лучшие результаты достигаются при увеличении в 200-400 раз.

Положение крупных темных деталей на поверхности Марса установлено достаточно точно; тем не менее тщательные зарисовки некоторых из них всегда интересны. Изучая детали, старайтесь все-таки делать при каждом наблюдении одну-две зарисовки всего диска планеты. Хотя видимый диаметр Марса меняется со временем, при зарисовках используйте стандартный диаметр, равный 51 мм. Величина видимой фазы Марса может достигать 46° , поэтому при зарисовках необходимо быть внимательным. Точное значение фазы планеты на момент наблюдения можно найти в астрономических календарях и ежегодниках.

Марс довольно быстро вращается вокруг своей оси, поэтому нельзя слишком долго зарисовывать диск планеты. Начинайте рисовать с нанесения на контур планеты полярной шапки, при этом нужно помнить, что она не обязательно расположена точно на полюсе. (Видимое положение полюсов в момент наблюдения зависит от ориентации оси вращения планеты относительно Земли. Информацию об этом можно найти в астрономических ежегодниках.) Затем сделайте наброски наиболее заметных темных деталей на диске планеты и отметьте время окончания этой работы. После этого можно продолжать зарисовку, добавляя более тонкие детали и отмечая положение самых ярких областей.

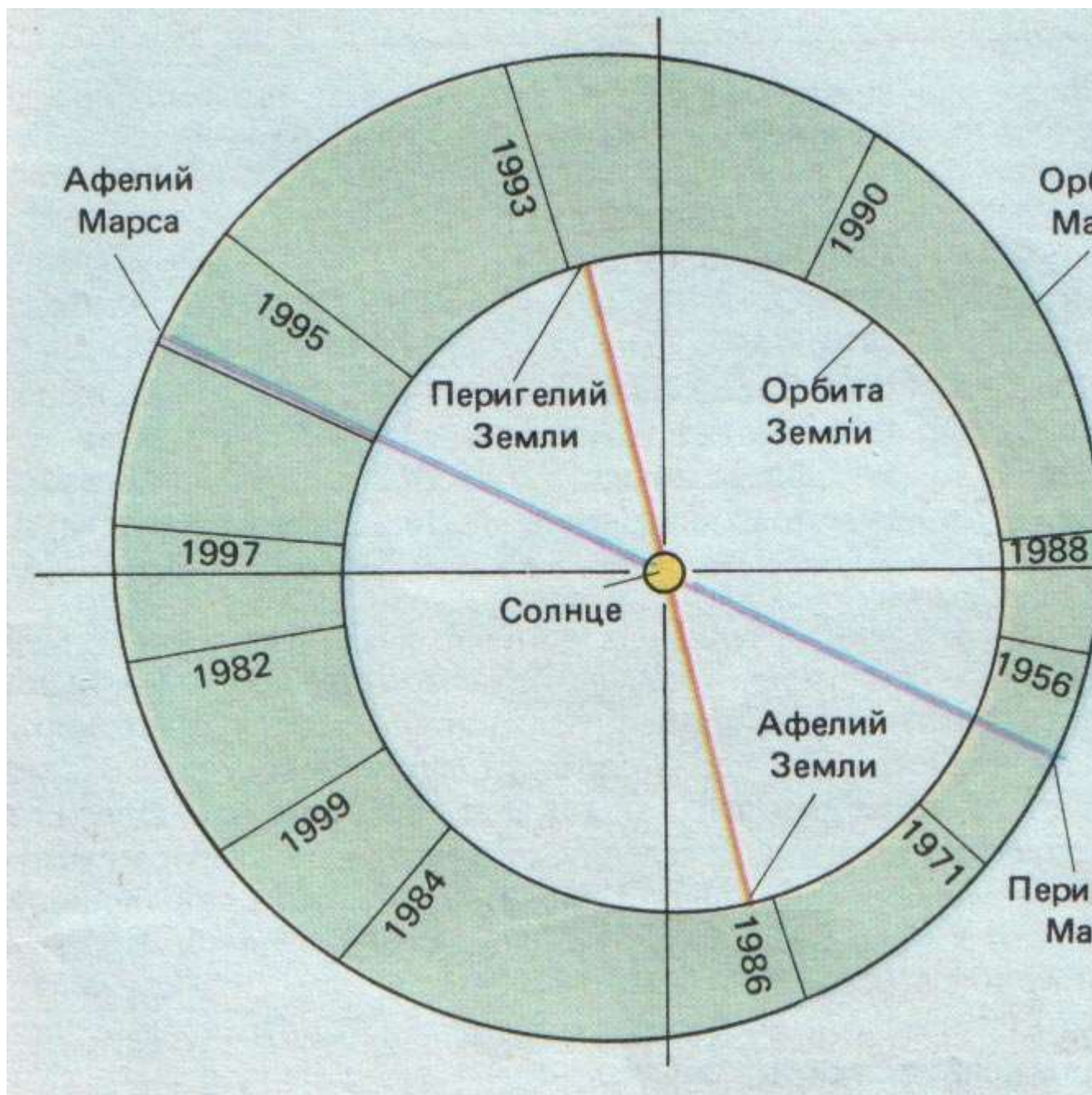


Рис. 107. В некоторые годы, когда Марс максимально приближается к Земле, наступают периоды, наиболее благоприятные для его наблюдения.

Для наблюдений атмосферных образований лучше использовать светло-синий фильтр (можно рекомендовать фильтр Wratten 44В или СС(4) и СС(5). — *Ред.*). Хотя в прошлом нередко рекомендовалось применять плотные цветные фильтры, следует иметь в виду, что этим рекомендациям могут следовать только опытные наблюдатели, работающие на больших телескопах. Дело в том, что небольшие телескопы пропускают мало света и окраска планеты едва заметна, поэтому плотные фильтры только ослабят изображение планеты, а не усилят отдельные детали ее поверхности.

Оценки яркости. Очень важно оценить яркость различных образований, видимых на диске планеты. После небольшой практики это не будет вызывать особых трудностей. Для таких целей лучше использовать шкалу от 0 (самые яркие детали) до 10. Так, яркость полярных шапок обычно принимают за 0, а темный фон неба за 10. Однако яркость небесного фона существенно зависит от размеров телескопа и используемого увеличения.

Набросок планеты, снабженный оценками яркости, может быть довольно грубым и не совсем законченным - лишь бы не возникало путаницы при отождествлении деталей на нем.

Прохождение через меридиан. Можно попытаться регистрировать моменты прохождения различных деталей через центральный меридиан. Немного потренировавшись, вы сможете довольно быстро определять, когда то или иное образование находится точно посередине диска планеты. Нет необходимости фиксировать моменты прохождения всех ярких деталей, так как при обработке наблюдений вы можете запутаться в отождествлении конкретных деталей и моментов их прохождения через меридиан. Старайтесь отмечать лишь наиболее заметные структуры. Очевидно, что подобные измерения имеет смысл проводить, когда Марс наблюдается в полной фазе, что случается в течение 7-10 дней до и после противостояния. В других фазах такие измерения практически исключены.

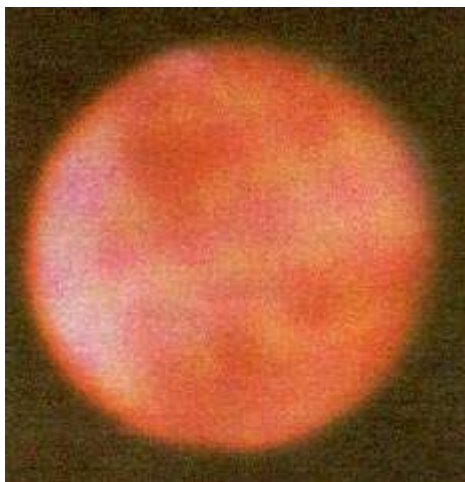


Рис. 108. Получить хороший снимок Марса — довольно трудная задача, требующая большого опыта и настойчивости.

Фотографирование. При фотографировании Марса требуются длиннофокусные телескопы с большой апертурой — в этом случае изображение планеты получается достаточно крупным и ярким. В последние годы некоторым особенно настойчивым астрономам-любителям, не упускающим ни одного момента хорошей видимости, удалось получить фотографии Марса исключительно высокого качества. В основном это черно-белые фотографии, иногда сделанные с применением различных светофильтров, но в ряде случаев удалось получить неплохие цветные изображения планеты.

Малые планеты

Малые планеты, или, как их иначе называют, астероиды, сосредоточены в основном между орбитами Марса и Юпитера. Это сравнительно небольшие небесные тела; три самых крупных из них: Церера (Ceres), имеющая диаметр около 1000 км, Паллада (Pallas) и Веста (Vesta) диаметром около 540 км каждая. Астероиды — довольно слабые объекты. Самый яркий из них, Весту, иногда можно видеть даже невооруженным глазом; яркость еще примерно двух десятков астероидов в период противостояний может превышать 1m. Многих астрономов-любителей при наблюдениях малых планет особенно привлекают их поиск и последующее слежение за перемещением среди звезд. Вообще говоря, умение проследить за астероидом на основании данных, публикуемых в астрономических ежегодниках, — это немалое достижение. Чтобы наиболее успешно проводить такие наблюдения, следует заранее отметить положение астероида на карте, на которую нанесены звезды меньшей яркости, чем предполагаемый блеск астероида.

Фотографирование астероидов

Можно попытаться фотографировать малые планеты любой фотокамерой, снабженной механизмом сопровождения. В зависимости от положения астероида на орбите фотографии, полученные в разные ночи, позволяют заметить перемещение астероида среди звезд. Очевидно, что, если снимки сделаны вблизи точек стояния (см. с. 61), перемещения не видно. Фотографировать малые планеты можно обычной 35-миллиметровой фотокамерой, но при использовании более широкой пленки и фотокамеры с широким полем зрения результаты существенно улучшаются. Проходя вблизи Земли или пересекая земную орбиту, астероиды иногда перемещаются настолько быстро, что запечатлеваются на фотографиях в виде черточек. Высококачественные фотографии можно использовать для определения точного положения малых планет, что в свою очередь позволяет уточнить параметры их орбит. Прежде всего это относится к малоизученным астероидам, хотя для их наблюдения обычно используют специальное оборудование и методы.

Малые планеты имеют неправильную форму и вращаются вокруг собственной оси, что проявляется в переменности их видимого блеска. Для оценки звездной величины астероида можно использовать те же методы, что и для определения блеска переменных звезд, однако при этом возникают трудности при измерении блеска звезд сравнения. Преодолеть трудности вам помогут фотографии окружающих звезд, полученные через соответствующие фильтры. Как показывает опыт, наибольший успех здесь сопутствует тем астрономам-любителям, которые располагают оборудованием для фотоэлектрических наблюдений.

Покрытия звезд

Одна из интереснейших задач, возникающих при изучении малых планет, связана с наблюдением покрытий звезд. Эта задача особенно привлекла внимание любителей астрономии в последнее время, когда удалось достичь определенных успехов в предсказании и расчетах условий покрытий. При таких наблюдениях используются примерно те же методы, что и при изучении касательных покрытий звезд Луной. Если звезда ярче малой планеты, то следует использовать небольшой телескоп, в который сама планета не видна. Тогда вам удастся заметить неожиданное исчезновение и последующее появление звезды и избежать путаницы, вызванной слиянием двух изображений, которая обычно возникает при наблюдениях в телескоп с большой апертурой.

Нередко координаты звезд и элементы орбит астероидов не известны с достаточной точностью, поэтому незадолго до наблюдений астрономы-профессионалы вносят соответствующие поправки в условия покрытия. Действительно, даже небольшие ошибки могут привести к тому, что область, где по расчетам должно наблюдаться покрытие, сместится на сотни километров.



Рис. 109. Фотография, запечатлевшая прохождение астероида Эрос вблизи звезды Близнецов 24 января 1975 г. Предсказанное покрытие звезды астероидом не наблюдалось.

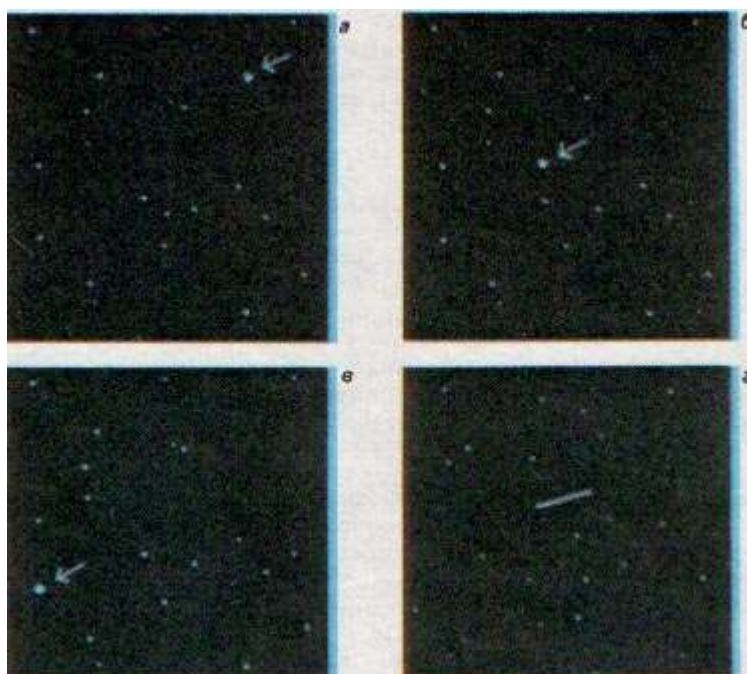


Рис. 110. Астероид можно обнаружить либо по его перемещению от ночи к ночи на фоне звезд (а, б, в), либо по фотографии его следа, который удастся получить при длительной экспозиции (г).

Многим астрономам-любителям не составит большого труда учесть эти поправки и переместить свою аппаратуру в более удобное для наблюдений место. Информация о точном времени начала и конца покрытия дает наиболее точное представление о размерах, а иногда и форме малых планет. В ряде случаев наблюдения покрытий позволяют получить данные о спутниках астероидов.

Юпитер

Вид Юпитера в телескоп, вероятно, производит на наблюдателей наиболее сильное впечатление. Юпитер вместе с Сатурном, Ураном и Нептуном относится к планетам-гигантам, которые состоят в основном из легких химических элементов — водорода и гелия.

Различные детали, видимые на диске Юпитера, связаны с образованиями в самых внешних слоях его протяженной и мощной атмосферы, в состав которой наряду с легкими химическими элементами входят такие газы, как метан и аммиак. На диске Юпитера различимы как крупномасштабные, так и мелкие детали, вид которых непрерывно меняется. Даже при наблюдениях в небольшой телескоп (с объективом диаметром около 50 мм) можно заметить темные полосы и разделяющие их яркие зоны, а также полярные области. Как и мелкие детали, крупные образования на Юпитере не остаются неизменными; они становятся то ярче, то слабее, а иногда разбиваются на несколько более мелких деталей. Чтобы увидеть и изучить многочисленные мелкие образования в различных частях диска планеты, необходим телескоп с апертурой не менее 150 мм.

Мелкие детали на диске Юпитера обычно называют пятнами (они бывают темными и светлыми); иногда используют также такие названия, как «гирлянды», «плюмажи» и «овалы». Наблюдая вызванное вращением планеты вокруг оси перемещение пятен, а также других темных и светлых образований по диску, можно заметить, что их движение то ускоряется, то замедляется по мере того, как меняется их положение в атмосфере. Некоторые слабые пятна видны всего в течение нескольких дней, после чего они тускнеют и совсем исчезают. Одно из самых известных образований в атмосфере Юпитера — Большое Красное Пятно, которое, по-видимому, существует без заметных изменений на протяжении уже нескольких сотен лет. Его легко обнаружить даже в небольшие любительские телескопы; не огорчайтесь, если оно покажется вам не столь ярким, каким обычно выглядит на фотографиях и снимках, полученных с борта межпланетных космических аппаратов.

Противостояния Юпитера повторяются через 13 месяцев (т.е. почти в 2 раза чаще, чем у Марса); в этот период, продолжающийся несколько недель, условия для наблюдения планеты наиболее благоприятны. В отличие от Марса Юпитер мало изменяется в размерах от противостояния к противостоянию, что значительно облегчает зарисовки планеты. Готовясь к зарисовкам Юпитера, не забудьте учесть его сплюснутость у полюсов и отразите ее на заготовках контура планеты. Большие размеры Юпитера благоприятствуют его фотографированию.



Рис. 111. На фотографии Юпитера, полученной с Земли, хорошо заметны атмосферные образования, а также спутник Юпитера и его тень на поверхности планеты.

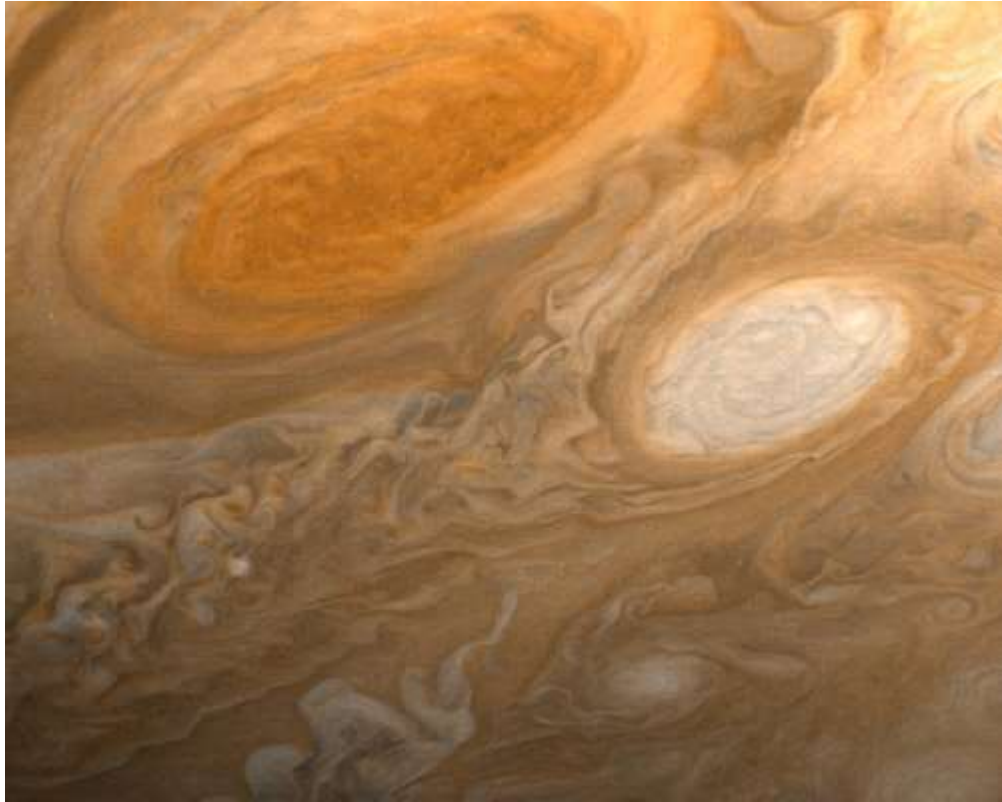


Рис. 112. На этой фотографии, сделанной с борта космического аппарата «Вояджер», хорошо заметно Большое Красное Пятно, представляющее собой долгоживущий вихрь в атмосфере Юпитера.

Юпитер очень быстро вращается вокруг своей оси — именно поэтому он сплюснут у полюсов. Период вращения вокруг оси внутренней, центральной части Юпитера составляет 9 ч 55 мин 30 с. Но из-за наличия мощной, протяженной атмосферы, в которой протекают сложные метеорологические процессы, разные области атмосферы вращаются с разными скоростями. Так, экваториальные зоны обращаются с периодом 9 ч 50 мин 30 с, а период обращения более северных и южных областей составляет 9 ч 55 мин 40 с. В зависимости от периодов вращения и наблюдаемой картины распределения образований на поверхности Юпитер разделен на две существенно различные области: Систему I и Систему II. В астрономических ежегодниках на все числа и время суток указаны долготы для каждой системы по отношению к центру диска планеты.

В телескоп средних размеров на Юпитере удастся различить так много деталей, что зарисовки лучше начинать с отдельных образований. Характер вращения Юпитера таков, что каждую ночь в одно и то же время видны различные области планеты. С учетом быстрого вращения Юпитера была разработана специальная методика зарисовки планеты: сначала делается быстрый набросок наиболее заметных двух темных полос и светлых зон, а детали наносятся в дальнейшем по мере того, как попадают в поле зрения наблюдателя при вращении планеты.

Более полное представление об особенностях планеты и изменениях на ее поверхности можно получить, делая эпизодические зарисовки всего видимого диска. Вследствие быстрого вращения Юпитера вокруг собственной оси вид его поверхности меняется через 10-15 мин, поэтому каждая зарисовка не должна занимать более 10 мин. Ясно, что при таких условиях нет смысла пытаться зафиксировать все мельчайшие детали поверхности. Основное внимание следует уделять точной передаче относительной яркости темных полос и светлых зон. Как и при зарисовках других планет, важное значение имеют оценки яркости различных деталей поверхности, которые дают более точное представление об их природе.

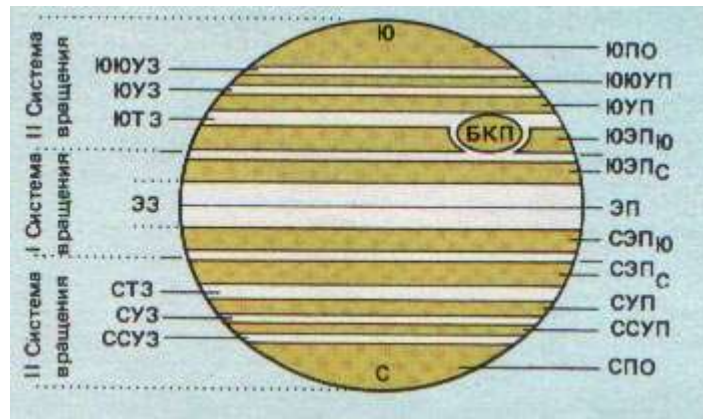


Рис. 113. Полосы, зоны и другие детали, которые можно наблюдать на поверхности Юпитера.

Обозначения: ЮЮУЗ — Юго-южная умеренная зона; ЮУЗ — Южная умеренная зона; ЮТЗ — Южная тропическая зона; ЭЗ — Экваториальная зона; СТЗ — Северная тропическая зона; СУЗ — Северная умеренная зона; ССУЗ — Северо-северная умеренная зона; ЮПО — Южная полярная область; ЮЮУП — Юго-южный умеренный пояс; ЮУП — Южный умеренный пояс; ЮЭПЮ — Южный экваториальный пояс (расположенный южнее); ЮЭПС — Южный экваториальный пояс (расположенный севернее); ЭП — Экваториальная полоса; СЭПЮ — Северный экваториальный пояс (расположенный южнее); СЭПС — Северный экваториальный пояс (расположенный севернее); СУП — Северный умеренный пояс; ССУП — Северо-северный умеренный пояс; СПО — Северная полярная область; БКП — Большое Красное Пятно.

Многообразие деталей на поверхности Юпитера открывает широкие возможности для наблюдения их прохождений через центральный меридиан. При этих наблюдениях достаточно просто отмечать время (с точностью до минуты) появления того или иного образования в центре диска. Далее, используя таблицы, можно точно рассчитать долготу того или иного образования на поверхности планеты. При этом очень важно точно определить, к какой системе относится это образование. Если интересующая вас деталь расположена вблизи границы двух систем и вы не можете с уверенностью отнести ее к одной из них, то рассчитайте долготу детали для обеих систем. Если одни и те же детали неоднократно проходят через центральный меридиан, то полученные из наблюдений значения их долготы позволяют проследить за изменением положения деталей на поверхности планеты, увидеть, как по мере вращения планеты одни детали «догоняют» другие.

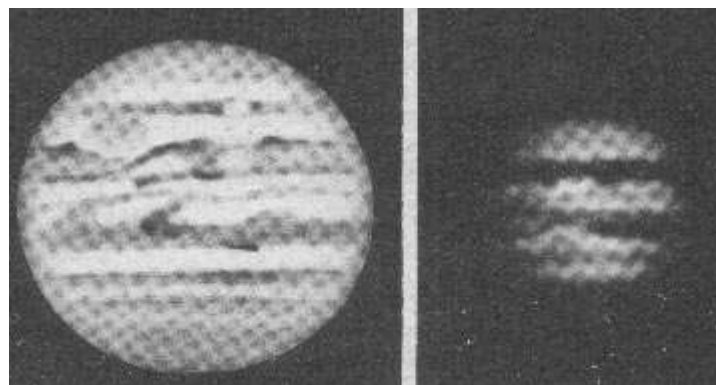


Рис. 114. Темные плюмажи пересекают Экваториальную зону Юпитера (слева); рисунок сделан 18 июня 1983 г. На фотографии (справа), полученной 2 мая 1983 г.,

заметно смещение плюмажей относительно Большого Красного Пятна.

Перемещается по долготе и самое заметное образование на планете — Большое Красное Пятно. Длительные наблюдения позволили проследить за ним при многократных оборотах вокруг планеты. Установлено, что размеры, положение, цвет и яркость Большого Красного Пятна заметно изменяются с годами.

Спутники Юпитера

Четыре самых крупных спутника Юпитера — Ио, Европа, Ганимед и Каллисто — были открыты еще Галилеем, который обнаружил их, рассматривая планету в свой довольно простой по конструкции телескоп. Эти спутники (которые теперь часто называют «галилеевыми») можно увидеть даже в совсем небольшие бинокли, а кое-кто утверждает, что их можно разглядеть и невооруженным глазом, особенно в тропиках, где планета поднимается высоко над горизонтом. Видимое расположение спутников представляет сложную, меняющуюся со временем картину, а иногда, хотя довольно редко, они совсем исчезают из поля зрения, скрываясь за Юпитером.

С помощью телескопов с апертурой 50-75 мм удастся наблюдать разнообразные явления, связанные с прохождением спутников по диску планеты и за ним. Наряду с прохождением спутников по диску планеты видно также перемещение по диску их теней. Попадая в тень Юпитера, спутники исчезают — происходит их затмение; при заходе за Юпитер спутники исчезают — наблюдается покрытие спутников планетой. Раз в шесть лет плоскость орбит спутников проходит через Землю, в это время удастся наблюдать покрытия и затмения спутников друг другом. Эти явления интересны не только сами по себе, но и с научной точки зрения, поэтому при наблюдениях важно очень точно фиксировать моменты наступления и окончания соответствующих событий. Даже в самые крупные телескопы не удастся разглядеть какие-либо детали на поверхности спутников, но их вид на фоне планеты неизменно поражает наблюдателя.

Сатурн

Сатурн со своей необычной и очень эффектной системой колец представляет собой не менее удивительную картину, чем Юпитер. При изучении Сатурна применяют те же методы, что и при изучении Юпитера. На нем заметны темные полосы и светлые зоны, но довольно редко удастся увидеть более мелкие детали. Отчасти это объясняется удаленностью планеты; однако, согласно последним данным, отсутствие мелких видимых деталей в основном связано с тем, что внешние слои протяженной атмосферы Сатурна ослабляют свет, идущий от темных образований в более глубоких облачных слоях. Именно в силу этого обстоятельства очень важно исследование довольно редких, случайно возникающих на поверхности планеты темных и светлых деталей.



Рис. 115. Явления, наблюдаемые в системе спутников Юпитера.



Рис. 116. На фотографии Ганимеда, полученной с борта космического аппарата «Галилео», можно различить значительно больше деталей, чем при наблюдении с Земли.

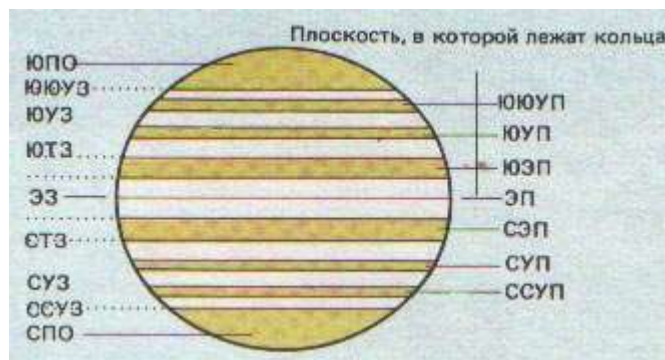


Рис. 117. Пояса, зоны и полярные области Сатурна.

Обозначения: ЮПО — Южная полярная область; ЮУЗ — Южная умеренная зона; ЭЗ — Экваториальная зона; СУЗ — Северная умеренная зона; СПО — Северная полярная область; ЮЮУП — Юго-южный умеренный пояс; ЮУП — Южный умеренный пояс; ЮЭП — Южный экваториальный пояс; ЭП — Экваториальная полоса; СЭП — Северный умеренный пояс; ССУП — Северо-северный умеренный пояс; ЮЮУЗ — Юго-южная умеренная зона; ЮТЗ — Южная тропическая зона; ТЗ — Северная тропическая зона; ССУЗ — Северо-северная умеренная зона.

Противостояния Сатурна повторяются через 378 дней, величина видимой фазы планеты может достигать 6°. Наиболее заметно изменяется вид колец Сатурна. Кольца настолько тонкие (их средняя толщина, вероятно, меньше 100 м), что дважды в течение сатурнианского года, т.е. один раз примерно в 15 лет, когда Земля проходит через плоскость, в которой расположены кольца, они временно исчезают. Кольца лежат в плоскости, совпадающей с

экваториальной плоскостью планеты, и наклонены к эклиптике под углом около 28° . Поэтому по мере появления и исчезновения колец наблюдениям становится доступна большая часть то одного (не закрытого кольцами) полушария планеты, то другого. Последний раз Земля проходила через плоскость колец Сатурна в 1980 г., следующее прохождение будет в 1995 г. Постоянно меняющийся вид планеты и ее сильная сплюснутость у полюсов затрудняет подготовку к зарисовкам Сатурна. По-видимому, разумнее обратиться в соответствующие организации любителей астрономии, где вам помогут изготовить бланки с точными контурами планеты и учетом вида колец.

Кольца Сатурна

Кольца Сатурна имеют довольно сложную структуру. При наблюдениях в телескоп видны по крайней мере три из них: сравнительно яркое внешнее кольцо (кольцо А) и самое яркое кольцо В между которыми легко просматривается темный промежуток — щель Кассини; ближе к планете расположено кольцо С, которое из-за прозрачности называют также Креповым кольцом. В периоды, близкие к моментам пересечения Земли плоскости колец (когда Земля и Солнце расположены по разные стороны от нее), тень Сатурна может полностью скрыть часть колец. Иногда на кольцах можно заметить разного рода неоднородности, их следует зарисовывать с особой тщательностью.

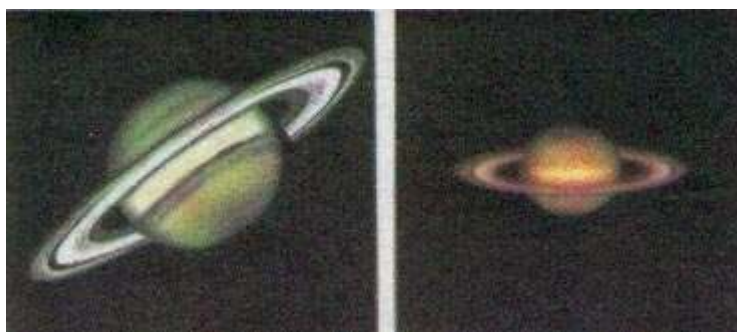


Рис. 118. Вид Сатурна в большой телескоп-рефрактор с объективом диаметром 320 мм (12 дюймов) и увеличением 320 раз; 21 апреля 1982 г., 21 ч 00 мин по всемирному времени (слева). По снимку справа можно судить, насколько меньше деталей заметно на поверхности Сатурна по сравнению с Юпитером.

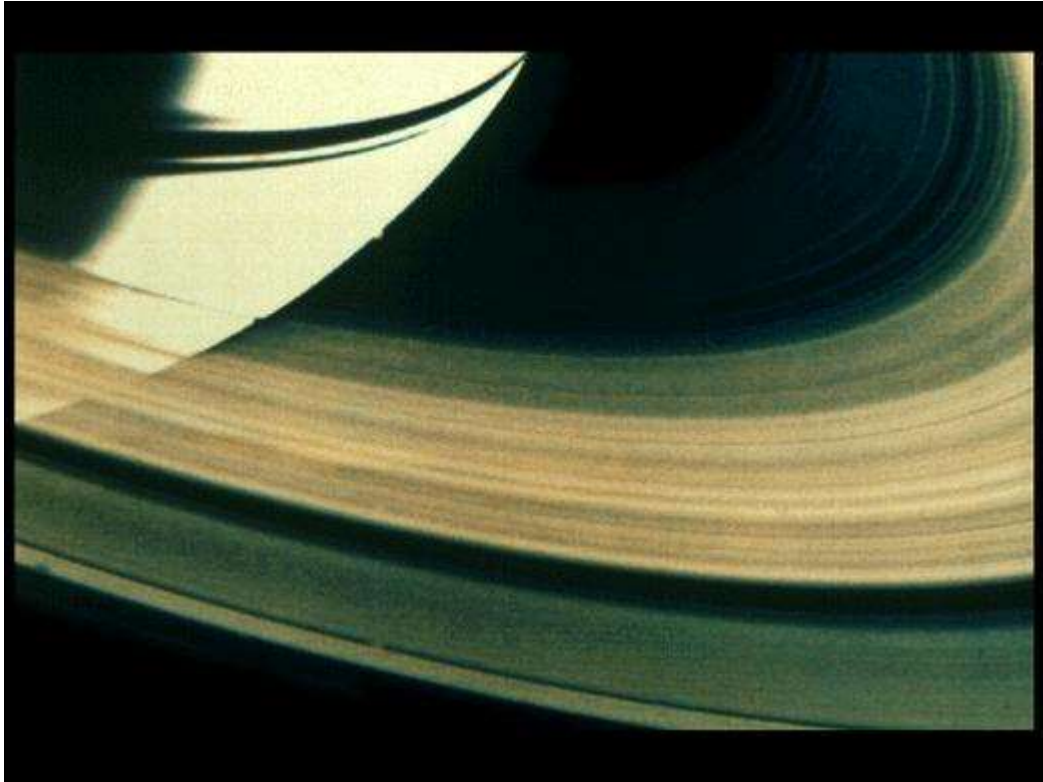


Рис. 119. На фотографии, полученной с борта «Вояджера», видно множество узких колец, из которых состоят внешнее (отдельное от других) кольцо А, широкое кольцо В и более слабое кольцо С; заметна также отчетливая тень от колец на поверхности планеты.

Спутники Сатурна

Сатурн, как и Юпитер, обладает интересной системой спутников. Самый яркий из них, Титан, имеет блеск 8^m, еще три спутника ярче 10,5^m, три других ярче 12,1^m. Когда Земля пересекает плоскость орбит спутников, они кажутся наблюдателю яркими бусинками, нанизанными на тонкую нить колец. В крупные телескопы в системе спутников Сатурна наблюдаются те же явления, что и в системе «галилеевых» спутников Юпитера.

Внешние планеты

К сожалению, планеты, расположенные за орбитой Сатурна, находятся так далеко от Земли, что исключена возможность проводить наблюдения их поверхности; единственно, на что можно рассчитывать, — это обнаружить их на небе и проследить за движением среди звезд. В противостояниях Уран и Нептун — сравнительно яркие объекты (их звездные величины соответственно 5,6^m и 7,7^m). Располагая соответствующими звездными картами и зная эфемериды планет, их сравнительно легко обнаружить даже в небольшие телескопы. Эти планеты медленно перемещаются в восточном направлении на фоне звезд; прямое восхождение Урана увеличивается на 20' в год, а у Нептуна примерно в два раза медленнее. Сейчас Уран и Нептун находятся в южной части эклиптики соответственно в созвездиях Змееносец (Ophiuchus) и Стрелец (Sagittarius); Нептун значительно труднее обнаружить, так как в этой области неба расположено богатое скопление звезд Млечного Пути.

Рис. 120. Положение внешних планет Солнечной системы среди звезд до 1990 г.

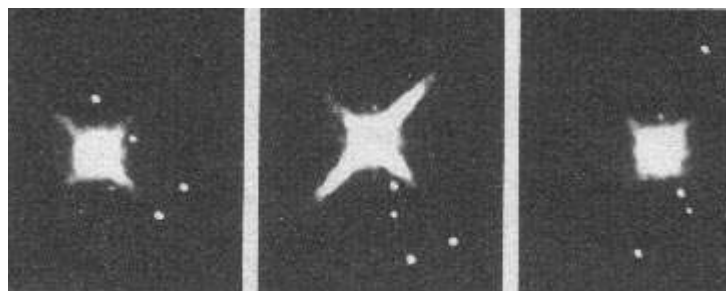


Рис. 121. Уран и его пять спутников (снимок передержан; видна характерная дифракционная картина в виде двух диаметрально расходящихся выступов).

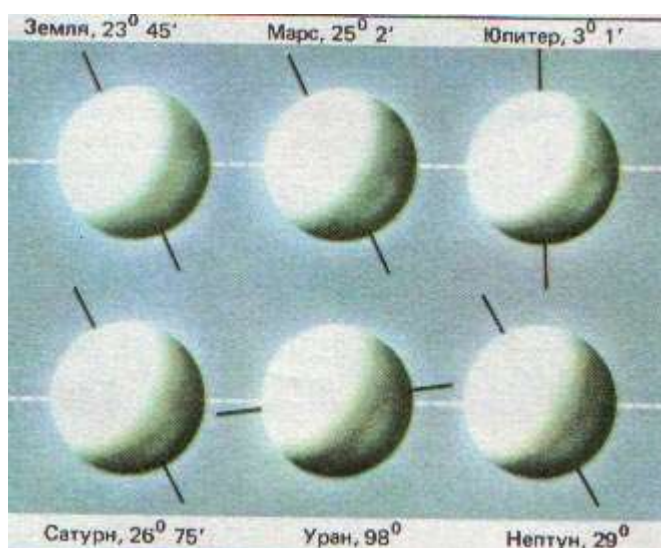


Рис. 122. Среди больших планет Солнечной системы Уран имеет максимальный наклон оси к плоскости орбиты.

Уран

По характерному внешнему виду Уран довольно легко отличить от звезд. В хороший телескоп иногда удастся различить диск планеты, который в зависимости от зрения наблюдателя может казаться либо синеватым, либо зеленоватым. В более крупные телескопы на планете можно разглядеть темные и светлые полосы, как у Сатурна, но более мелкие детали не заметны. Ось вращения Урана лежит почти в плоскости его орбиты, поэтому в некоторые моменты с Земли видна только полярная область планеты (так было, например, в 1980 г.). В эти периоды трудно надеяться увидеть какие-либо детали на диске планеты.

Нептун

В любительские телескопы обнаружить какие-либо детали на Нептуне не удастся. Длительные наблюдения за Ураном и Нептуном показали, что блеск этих планет слегка меняется. Причина переменности блеска пока не ясна, хотя высказываются предположения о ее связи с изменениями солнечной активности. Звездные величины обеих планет можно легко оценить теми же методами, которые используются для измерения блеска переменных звезд (см. с. 206).

Плутон

Плутон — самая далекая планета Солнечной системы, поэтому обнаружить его в любительские телескопы очень трудно. Его звездная величина около 14^m, так что увидеть Плутон можно лишь в телескоп с апертурой не менее 300 мм. Плутон легко спутать с окружающими его звездами, и легче всего его обнаружить, производя фотографирование в разные дни участков звездного неба, где по предположению находится планета. Обычно в астрономических календарях приводятся звездные карты окрестностей местоположения планеты. Орбита Плутона настолько вытянута, что в некоторых участках она проходит ближе к Солнцу, чем орбита Нептуна. Как раз в настоящее время Плутон расположен ближе к Солнцу, чем Нептун, поэтому скорость его перемещения среди звезд сейчас примерно та же (и даже несколько выше), чем у Нептуна.

В настоящий период Плутон находится выше над эклиптической, чем Уран и Нептун; это связано с большим наклоном плоскости орбиты планеты к плоскости эклиптики. Полагают, что яркость планеты должна меняться при заметном изменении ее расстояния от Солнца. Однако проверить это предположение еще не удалось, так как период обращения Плутона вокруг Солнца составляет 250 лет, а открыт он был только в 1930 г. По этой же причине пока вообще очень мало известно о физической природе Плутона.

Кометы

Кометы представляют собой бесформенные глыбы размером всего в несколько километров, состоящие из льда вперемешку с пылевыми частицами. Поэтому иногда их просто называют «комками грязного снега». Кометы движутся по очень вытянутым орбитам, находясь основное время далеко от Солнца, где остаются невидимыми; при их приближении к Солнцу лед под действием солнечного тепла начинает таять, испаряясь и улетающая вместе с другими газами. Вследствие этого многие кометы, проходя вблизи Солнца, принимают весьма необычный вид.

Никогда не упускайте возможность понаблюдать яркую комету. В течение года в небольшой любительский телескоп можно увидеть всего несколько их. Большинство комет, которые периодически появляются в окрестностях Солнца, представляют собой довольно слабые объекты. Исключение составляет комета Галлея, которая почти при каждом своем возвращении к Солнцу (через 76 лет) предстает перед нами очень ярким и впечатляющим объектом. В действительности самые яркие и эффектные по виду кометы появляются на небе неожиданно; многие из них, возможно, впервые приближаются к Солнцу. Те несколько недель, в течение которых яркая комета быстро огибает Солнце, исчезая затем навечно или, возможно, на многие тысячелетия в космических дальях, — самая жаркая пора для астрономов-кометчиков. В редких случаях, особенно если комета подходит слишком близко к Солнцу, она может разрушиться на части, которые в дальнейшем наблюдаются как отдельные тела.

Кометы выглядят по-разному. У всех наблюдается туманная газовая оболочка-кома, которая вместе с ядром образует голову кометы. Даже если комета находится в непосредственной близости от Солнца, ее голова кажется не более чем туманным пятнышком. Самая примечательная деталь большинства комет — хвост. Наиболее ярок он, когда комета находится в окрестностях перигелия своей орбиты. Здесь особенно значителен поток тепла от Солнца, под действием которого с кометы улетаются в космическое пространство газы и пыль. Некоторые кометы имеют два хвоста: один — искривленный, состоящий из частиц пыли; другой — прямой, газовый, вытянутый в направлении, точно противоположном направлению на Солнце. У ряда комет было замечено по несколько (пылевых) хвостов. Протяженность кометных хвостов может достигать десятков и сотен

миллионов километров; наблюдались кометы, хвосты которых тянулись почти на полнеба. Предполагается, что пыль, теряемая кометами, попадая в межпланетное пространство, дает начало метеорным телам, которые в дальнейшем, сталкиваясь на огромной скорости с земной атмосферой, обнаруживаются в виде метеоров. Пылинки из кометных хвостов пополняют также межпланетные пылевые облака, которые, рассеивая солнечные лучи, порождают явление, называемое зодиакальным светом.



Рис. 123. Строение кометы. Газовый хвост всегда направлен в сторону от Солнца, пылевой хвост остается за кометой на орбите.

Ядро кометы иногда заметно внутри комы в виде яркого звездообразного объекта, в котором не удастся различить какие-либо детали даже в самые крупные телескопы. Иногда ядро можно спутать с различными структурными образованиями в коме — типа оболочки или выбросов вещества из ядра кометы.

Наблюдения комет

Для наблюдений комет можно использовать любые инструменты. Опыт показывает, что гигантские хвосты комет можно обнаружить при наблюдениях невооруженным глазом, в бинокли и телескопы с широким полем зрения. Но чтобы разглядеть сложную структуру кометы вблизи ее ядра, необходимы телескопы с большой апертурой и большим увеличением.



Рис. 124. В 1962 г. комета Хьюмасона имела кому и хвост неправильной формы.

Зарисовки комет можно делать при наблюдениях в любые инструменты, методика их та же, что и при зарисовках планет. Наряду с зарисовками стоит попытаться фотографировать

кометы. Фотографии помогают не только определить точное положение головы кометы, но и получить изображение ее хвоста, а также увидеть тонкие детали, которые вследствие их малой яркости невозможно разглядеть иными способами. Для наблюдения комет требуются светосильные объективы с широким полем зрения, для фотографирования тонких деталей комы лучше использовать телескопы или длиннофокусные фотокамеры. При фотографировании комет телескоп (или фотокамера) должен быть снабжен системой гидирования, которая обеспечивала бы слежение за кометой с учетом ее собственного движения среди звезд; в этом случае изображения звезд на снимках получатся в виде черточек. При использовании короткофокусных объективов гидирование можно осуществлять непосредственно по звездам.

Рис. 125. Фотография созвездия Телец и восточной верхней части созвездия Орион, полученная с 5-минутной экспозицией следящей фотокамерой с объективом диаметром 50 мм.

Многие опытные астрономы-любители предпринимают попытки обнаружить кометы. Подобные наблюдения требуют огромного терпения, хорошего знания звездного неба, особенно расположения на небе скоплений звезд и галактик, иногда весьма похожих по своему виду на кометы. При таких наблюдениях используют крупные бинокли с широким полем зрения или короткофокусные телескопы; кометы обычно ищут в окрестностях Солнца, куда они могут попасть, оставаясь незаметными при движении по вытянутой орбите.

Звезды

Невооруженным глазом и тем более при наблюдениях в бинокль или телескоп нетрудно заметить, что звезды различаются по цвету. Цвет звезд в значительной степени определяется температурой их видимой поверхности. Так, температура поверхности довольно редких бело-голубых звезд типа Ориона составляет около 40000 К, а самых холодных, темно-красных — около 3000 К. Примером последних может служить звезда Цефея, которая за свой интенсивный темно-красный цвет получила название «Гранатовая звезда». Естественно, существуют как более горячие, так и более холодные звезды, но значительно реже.

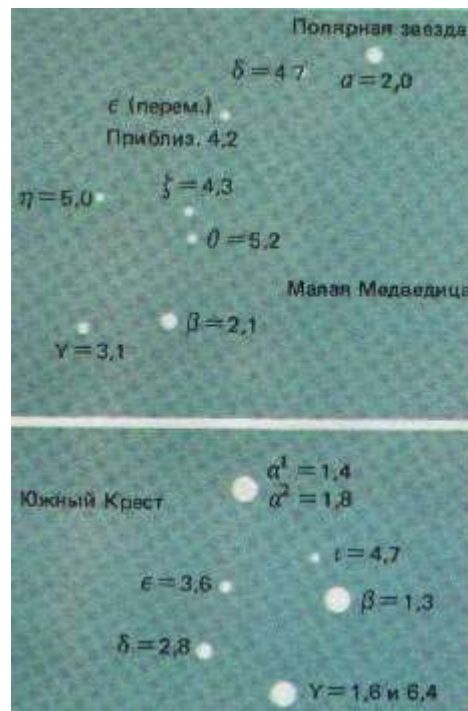


Рис. 126. Звездные величины некоторых звезд в созвездиях Большая Медведица и Южный Крест; они берутся за стандарты при оценке блеска других звезд.

Таблица №11

Цвета некоторых звезд

Звезда	Название	Цвет
α Возничего	Капелла	желтый
α Волопаса	Арктур	оранжево-желтый
α Малого Пса	Сириус	голубоватый
μ Цефея	«Гранатовая звезда»	темно-красный
α Лиры	Вега	голубоватый
α Скорпиона	Антарес	красный
α Тельца	Альдебаран	оранжевый

Цвета нескольких наиболее ярких звезд приведены в таблице; правда, возможны расхождения в определении оттенков цвета звезд, поскольку это зависит от оборудования и зрения наблюдателя. Вообще, невооруженным глазом очень трудно определить цвет слабых звезд, тогда как на фотографиях он легко различим. Несомненно, цвет звезд гораздо легче определить при наблюдениях в телескоп с большой апертурой. Однако следует иметь в виду, что наблюдатели по-разному воспринимают цвет: у некоторых глаз более чувствителен к синим лучам и с трудом различает красные звезды или наоборот. Замечено также, что красные звезды кажутся тем ярче, чем дольше на них смотрят (особенно большие трудности это вызывает у исследователей переменных звезд). У двойных звезд довольно часто обнаруживаются весьма любопытные сочетания цветов, однако во многом это своеобразный оптический обман, порожденный эффектом контраста.

				
Температура, °С 25 000	11 000	6000	4000	3000
Типичная звезда Спика	Сириус	Солнце	Арктур	Бетельгейзе

Рис. 127. Цвет и температура некоторых ярких и хорошо известных звезд.

Спектральные классы

В каталогах звезд обычно наряду с другими параметрами указываются спектральные классы, которые определяются наличием в спектре звезды той или иной линии поглощения и ее интенсивностью. А поскольку эти особенности спектра зависят от температуры поверхности звезды и от наличия химических элементов, «ответственных» за соответствующую спектральную линию, то спектральный класс позволяет более точно определить температуру звезды, чем ее цвет. Последовательность спектральных классов соответствует температурной последовательности, и в этой последовательности звезды, располагаясь в порядке убывания температуры, обозначаются буквами O, B, A, F, G, K, M (это первые буквы слов мнемонической фразы, позволяющей легко запомнить эту последовательность: «O Be A Fine Girl Kiss Me», в переводе: «O будь хорошей девочкой, поцелуй меня»). Существует еще несколько дополнительных спектральных классов, обозначаемых буквами R, N, S, C, WN, WC, к которым относят редкие звезды с отклонениями в химическом составе. Каждый спектральный класс разбивают на десять подклассов, присоединяя к соответствующей букве цифры от 0 до 9 (от более горячей к более холодным). Таким образом все звезды разбиты на спектральные классы от O5 до M8. Солнце, температура поверхности которого около 6000 К, относится к звездам спектрального класса G2. Звезды классифицируются также по размеру и светимости-количеству энергии, излучаемой всей поверхностью звезды за 1 с. Так, звезды типа Антареса (α Скорпиона), радиус которого превышает радиус орбиты Марса, относятся к сверхгигантам; звезды белого цвета с очень слабой светимостью, по размерам не превышающие Земли, относятся к белым карликам.

Звездные величины и расстояния до звезд

Видимую яркость звезды оценивают в звездных величинах. Так, звезда, которая глазом воспринимается как звезда первой величины, почти в два раза ярче звезды второй величины, которая в свою очередь во столько же раз ярче звезды третьей величины, и т.д. Точные измерения показали, что разница в блеске в одну звездную величину соответствует отношению яркостей 2,512:1. Это отношение глаз и мозг воспринимают как различимый скачок яркости. Связь между звездными величинами и отношением яркостей звезд легче запомнить, приняв во внимание, что звезда первой величины ровно в 100 раз ярче звезды шестой величины. Кроме того, полезно знать звездные величины некоторых наиболее ярких звезд (см. таблицу). Как видно из таблицы, самые яркие звезды имеют отрицательные значения звездных величин. На практике довольно часто нужно знать точные значения звездных величин более слабых звезд, хотя бы в некоторых, избранных участках звездного

неба. Обычно такие данные приводятся на картах небольших стандартных участков неба в созвездиях Малая Медведица, Южный Крест и Плеяды.

Таблица №12

Видимая (m) и абсолютная (M) звездные величины некоторых звезд

Звезда	m	M
α Волопаса	-0.06	-0.2
α Малого Пса	-1.45	1.41
α Центавра	-0.1	4.3
β Центавра	0.6	-5
α Лебедя	1.25	-7.3
α Ориона	0.8	-6
β Ориона	0.11	-7
α Скорпиона	1	-4.7
Солнце	-26.8	4.79

Несмотря на все достижения современной техники, определение расстояний до звезд по-прежнему остается одной из труднейших задач астрономии. Расстояния до звезд настолько велики, что для оценки их не пригодны ни километры, ни даже астрономические единицы (а. е.). Астрономы используют такие единицы расстояний, как световой год (св. год), но чаще парсек (пк; сокращение от двух слов паралакс секунда) — расстояние, с которого радиус земной орбиты, равный 1 а.е., виден под углом в 1" (секунда дуги). 1 ПК = 3,216 св. г. = 206265 а.е. $3.1 \cdot 10^{13}$ км. Для целей галактической и внегалактической астрономии используют еще более крупные единицы расстояний: килопарсек (1 кпк = 1000 ПК) и мегапарсек (1 Мпк = 1000 000 ПК).

Звездную величину, определяемую при наблюдениях с Земли, называют видимой звездной величиной (обозначают буквой m). Очевидно, что видимая звездная величина зависит не только от собственной яркости звезды (ее светимости), но и от расстояния до нее. Так, звезда большой светимости, но расположенная очень далеко, видна слабой звездочкой, тогда как звезда малой светимости, но находящаяся близко к Земле, видна как яркая звезда. Чтобы получить представление о действительной яркости звезд (об их светимостях), их мысленно помещают на одинаковое расстояние от Земли, равное 10 ПК. Тогда их звездные величины рассматриваются как абсолютные звездные величины (обозначаемые буквой M); они характеризуют истинную, не зависящую от расстояния яркость звезд. Как видно из таблицы, разница между видимой и абсолютной звездными величинами может быть поразительной.

Переменные звёзды

Переменными называют звезды, которые меняют свой блеск, становясь то ярче, то слабее. Если в течение длительного времени наблюдать за изменением блеска звезды, а затем построить на графике зависимость видимой звездной величины от времени, то мы получим так называемую кривую блеска, которая дает богатую информацию о самой звезде. В

зависимости от типа звезды ее блеск может изменяться на протяжении нескольких минут или за период, составляющий многие годы. У большой группы периодических переменных причина изменения блеска кроется во взаимных затмениях двух звезд, обращающихся одна относительно другой в плоскости, лежащей близко к лучу зрения наблюдателя. Наиболее известным представителем такого класса переменных звезд является Алголь (Персея), блеск которого меняется в пределах 2,2^m — 3,4^m. В некоторых случаях наблюдаются главный и вторичный минимумы, соответствующие затмениям яркого и слабого компонентов.

Наряду с такими затменно-переменными звездами существуют переменные иных типов: одни из них представляют тесные двойные системы, другие относятся к одиночным звездам, изменения блеска которых вызваны происходящими в них физическими процессами. Процессы, приводящие к разным формам переменности (которые проявляются в различной форме кривой блеска), связаны с определенными этапами звездной эволюции. Для астрономов-любителей наиболее интересны наблюдения долгопериодических (ДП), полуправильных (ПП) и различных эруптивных (взрывных) звезд (к последним относится и группа звезд, у которых вместо вспышки наблюдается резкое уменьшение яркости). Так как переменные составляют значительную часть звезд, их изучение представляет весьма благодатное поле деятельности для любителей.

Оценки звездных величин

Оценить звездную величину переменной звезды не составляет большого труда. Для этого нужно знать значения звездных величин близлежащих звезд сравнения, которые, как правило, приводятся в астрономических календарях, справочниках и бюллетенях; в этих же изданиях обычно имеются соответствующие карты, которые помогут вам быстрее найти интересующую вас переменную среди звезд. Обнаружив на небе нужную область звезд, в первую очередь отыщите саму переменную. Если она не видна, отметьте самую слабую из звезд сравнения и в журнале наблюдений запишите: «Блеск переменной меньше...». Даже такая информация о переменной может оказаться полезной. Если переменная видна, найдите две звезды из звезд сравнения, одна из которых несколько ярче, а другая несколько слабее исследуемой переменной. Если блеск переменной оказался в точности равным блеску одной из звезд сравнения, все равно следует найти хотя бы еще одну звезду сравнения, которая либо несколько ярче, либо слабее. Обычно такие сравнения помогают грубо оценить блеск переменной звезды.

При использовании более точного «метода интервалов» переменная (которую обычно обозначают буквой V) сопоставляется с двумя звездами сравнения A и B, близкими по блеску, причем A несколько ярче, а B слабее переменной. Если переменная кажется слабее A на столько же, на сколько ярче B, то это записывают так: A(1)V(1)B; в записях такого рода более яркую звезду обычно ставят на первое место. Если переменная кажется на треть ярче разности блеска звезд сравнения C и D, то это записывают в виде: C(1)V(2)D; читается эта запись так: C, одна треть, переменная, две третьих D. В зависимости от соотношения яркостей возможны, например, такие записи: E(1)V(3)D; F(3)V(2)D и т. д. Не имеет смысла делить интервал между блеском звезд более чем на 5 частей: ошибки наблюдений сводят на нет цену более мелких оценок. В дальнейшем, набравшись опыта, можно перейти к более тонким методам оценок.

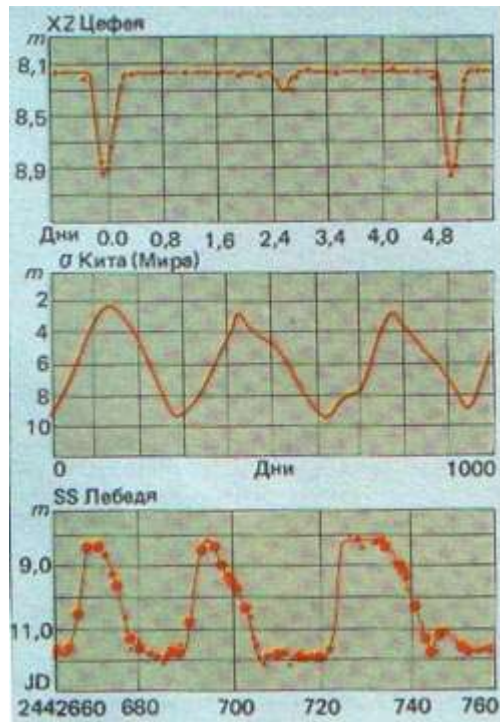


Рис. 128. Кривая блеска затменной переменной, построенная по результатам (точки) отдельных наблюдений (вверху). Для построения кривой блеска долго-периодических переменных используют результаты, усредненные по многим отдельным наблюдениям (в центре). На кривой блеска эруптивной переменной «размер» точек тем больше, чем больше число наблюдений переменной в данный момент времени (внизу).

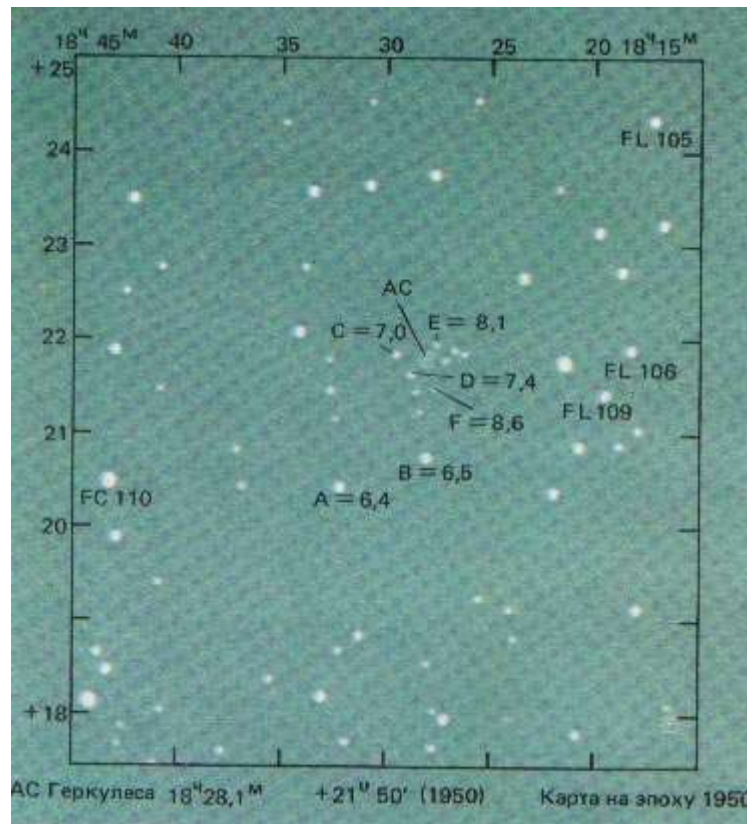


Рис. 129. Карта окрестностей полуправильной переменной АС Геркулеса (справа); для сравнения обозначены некоторые другие звезды и их звездные величины.

Вычисление звездной величины переменной на основании таких сравнений сводится к простой арифметической операции. Определив разность звездных величин звезд сравнения, рассчитывают «цену» одной части, затем умножают ее на число частей, на которое блеск переменной отличается, например, от блеска более яркой звезды. Таким образом получают разность между блеском более яркой звезды и блеском переменной. Поскольку блеск более яркой звезды выражается меньшей величиной (числом), то блеск переменной будет равен сумме звездной величины яркой звезды сравнения и вычисленной разности. Если таким же способом оценивается разница между блесками переменной и более слабой из звезд сравнения, то блеск переменной находится путем вычитания полученной разности из звездной величины слабой звезды сравнения.

Таблица №13

Некоторые переменные звезды

Обозначение	α		δ	Амплитуда
	ч	м		
R Андромеды	0	24	+38° 35'	
R Киля	9	32	-62° 47'	
ρ Кассиопеи	23	54	+57° 30'	
δ Цефея	22	29	+58° 26'	
o Кита	2	19	-02° 58'	
R Северной Короны	15	49	+28° 10'	
SS Лебеда	21	43	+43° 35'	
χ Лебеда	19	51	+32° 55'	
AC Геркулеса	18	30	+21° 52'	
R Льва	9	48	+11° 26'	
U Единорога	7	31	-09° 47'	
β Персея	3	8	+40° 58'	

Обозначения: ДП — долгопериодическая, ПП — полуправильная, RCK — типа R Северной Короны, УБл — типа U Близнецов, Затм. — затменно-переменная, RVT — типа RV Тельца.

По этому описанию процедура оценки блеска переменной кажется гораздо сложнее, чем это есть на самом деле. Попробуйте проделать ее на практике и вы убедитесь, как это просто. Конечно, при таких наблюдениях встречаются и трудности. Не разглядывайте слишком долго красные звезды, иначе вам покажется, что они становятся ярче: постарайтесь оценить их блеск возможно быстрее. (Обычно при оценке блеска красных звезд результаты разных наблюдателей сильнее отличаются друг от друга, чем при оценке голубых). Занимаясь такими наблюдениями, старайтесь поворачивать голову, поскольку из двух

одинаковых звезд та, которая расположена в поле зрения ближе к вашему носу и несколько ниже, кажется слегка ярче других.

Новые звезды

Эруптивные переменные звезды (обычно это тесные двойные системы) отличаются большим разнообразием как по яркости вспышек, которые происходят совершенно случайным образом, так и по их продолжительности. Наибольший интерес среди них представляют новые звезды, блеск которых в момент вспышки неожиданно возрастает на 10 и более звездных величин (т.е. звезда становится ярче в 10000 и более раз) всего за несколько дней. Обнаружив новую звезду, за ней можно следить, оценивая обычным способом ее звездную величину; правда, здесь возникают трудности с подбором звезд сравнения и определением их звездных величин.

Естественно, открытие новой — дело весьма почетное, и многие любители осуществляют визуальное или фотографическое «патрулирование» звездного неба в надежде на успех. Как и при поисках комет, здесь требуется хорошо знать звездное небо. Чтобы избежать «фальшивых открытий», необходимо детально изучить расположение на небе переменных других типов.

Фотография — самый удобный способ непрерывного и оперативного наблюдения за звездным небом. Чтобы исключить неприятности, связанные с неизбежными дефектами в фотоэмульсии, лучше делать одновременно два снимка одного и того же участка неба. После фотографирования снимки следует сразу же проявить и внимательно просмотреть — вдруг вам удастся обнаружить новую на самой ранней стадии появления!

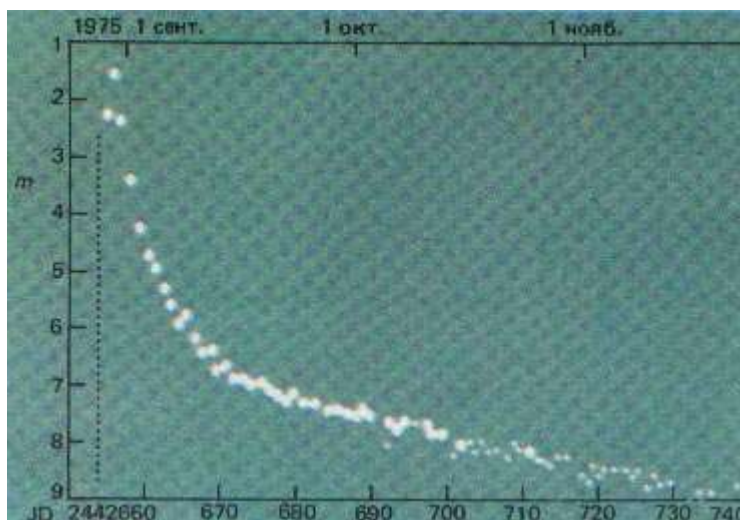


Рис. 130. Кривая изменения блеска новой V 1500 Cyg, которая вспыхнула в 1975 г.



Рис. 131. Новая звезда V 1500 Cyg вблизи максимума светимости, когда ее блеск составлял 2m (слева), и много недель позднее, когда блеск упал до 11m.

Чаще всего новые вспыхивают в областях неба, ближайших к Млечному Пути; именно здесь и нужно прежде всего осуществлять патрулирование. Систематические многолетние исследования такого рода совместно с данными отдельных наблюдателей позволили открыть ряд новых звезд. Информация, полученная любителями, нередко представляет огромный интерес и для профессиональных астрономов.

Двойные и кратные звёзды

Многие звезды видны на небе так близко друг от друга, что кажутся двойными. Некоторые из них в действительности никак не связаны друг с другом. Находясь на различных расстояниях от Земли, они просто случайно оказались рядом на луче зрения; их двойственность — кажущееся явление. Звезды такого типа называются оптическими двойными. Другие более многочисленные двойные действительно физически связаны между собой; обращаясь по орбитам относительно друг друга, они образуют так называемые двойные системы. Наблюдаются также кратные системы, состоящие из трех и более звезд. Многие двойные звезды (обоих типов) при наблюдениях в бинокль и небольшой телескоп выглядят весьма необычно и красиво. Невооруженным глазом легко различить Большой Медведицы, Мицар, с ее компаньоном Алькором. Глазом легко различить двойную звезду Лиры, но лучше ее рассматривать в бинокль. В телескоп с увеличением 100-200 раз эта звезда представляется четырехкратной системой.

Рис. 132. Две яркие звезды (слева) и Центавра, Центавра представляет собой кратную систему, состоящую из близкой пары ярких звезд (звездные величины 0m и 1,4m) и Проксимы Центавра (11m), находящейся на значительном расстоянии от этой пары.

Таблица №14

Двойные звёзды

Обозначение	α		δ	
	ч	м		
γ Андромеды	2	4	+ 42° 21'	
ζ Водолея	22	29	-00° 02'	
γ Овна	1	54	+19° 18'	
ε Волопаса	14	45	+27° 04'	Иц
ζ Рака	8	12	+17° 39'	5,0; 5,5
α Гончих Псов	12	56	+38° 19'	
η Кассиопеи	0	49	+ 57° 49'	
α Центавра	14	40	-60° 51'	
β Кита	2	13	-02° 24'	
α Южного Креста	12	27	-63° 06'	
β Лебедя	19	31	+37° 57'	
γ Дельфина	20	47	+16° 08'	
θ Эридана	2	58	-40° 18'	
α Геркулеса	17	15	+14° 24'	
γ Льва	10	19	+19° 51'	
ε Лирь	18	44	+39° 40'	
β Единорога	6	29	-07° 02'	
η Персея	2	51	+55° 53'	
β Скорпиона	16	05	-19° 48'	
δ Змеи	15	35	+10° 32'	
ζ Большой Медведицы	13	24	+54° 55'	
γ Парусов	8	09	-47° 21'	
γ Лебедя	12	42	-01° 27'	
γ Летучей Рыбы	7	09	-70° 30'	

Наблюдения двойных звезд позволяют достаточно просто определить разрешающую способность телескопа; список наиболее удобных для этих целей объектов представлен в

таблице. Не огорчайтесь, если разрешение телескопа, полученное на основании таких измерений, не соответствует его теоретическому значению — экспериментальные результаты зависят не только от опыта наблюдателя, но и от условий наблюдения.

В двойных системах видимое положение компонентов меняется по мере их движения относительно друг друга; обычно наиболее яркую звезду принимают за главную и положение более слабой определяют по отношению к ней. Измеряя таким образом относительное положение звезды в течение нескольких лет, можно построить ее орбиту. Форма и размеры видимой орбиты во многом зависят от ее ориентации в пространстве. В моменты, когда компоненты пары расходятся, их легко различить по отдельности; временами же они настолько близко подходят друг к другу, что едва различимы.

Измерения двойных звезд

Для измерения положений звезд в двойных системах следует использовать длиннофокусные телескопы (предпочтительнее рефракторы и катадиоптрические системы) с жесткой монтировкой, снабженные системой слежения и микрометрами. Среди множества разнообразных микрометров наиболее распространен и легко изготавливаем нитяной микрометр, который состоит из неподвижной и перемещающейся нитей (довольно часто нити микрометра делают из паутинок). При наблюдении двойных звезд измеряют позиционный угол (ПУ)^б и расстояние между компонентами. Из-за значительных инструментальных ошибок весьма трудно точно определить эти величины при одном измерении, для увеличения точности необходимо произвести много отдельных измерений и вычислить среднее значение. По-видимому, вследствие сложности самих исследований и слишком жестких требований, предъявляемых к телескопу и измерительным устройствам, наблюдения двойных звезд мало привлекают астрономов-любителей.

Довольно часто компоненты двойной системы расположены настолько близко друг к другу, что их невозможно увидеть раздельно ни в один телескоп. Тем не менее при их спектральных исследованиях удается заметить раздвоение спектральных линий, свидетельствующее о наличии двойной системы. Такие спектральные двойные весьма распространены. Установлено, что большинство звезд являются двойными и кратными системами. В этом смысле Солнце скорее исключение, так как не имеет звезды-компаньона (во всяком случае, насколько это известно сейчас).

Звёздные скопления

Наряду с двойными и кратными системами существуют также звездные скопления. Они подразделяются на два основных типа: рассеянные (часто их называют галактическими) и шаровые (сферической формы). (Скопления, особенно рассеянные, лучше наблюдать в инструменты с широким полем зрения.

Рассеянные скопления. Рассеянные скопления имеют неправильную форму и состоят из звезд, которые одновременно образовались из единого газово-пылевого облака. По этой причине все звезды рассеянного скопления имеют один и тот же возраст и одинаковый химический состав. Рассеянные скопления в основном сосредоточены в спиральных рукавах нашей Галактики, поэтому на звездном небе они в основном расположены в области Млечного Пути. Рассеянные скопления существенно различаются по числу звезд и степени их концентрации. Так, некоторые из них настолько растянуты, что выглядят как едва

^б Позиционный угол светила В относительно светила А -это угол с вершиной в А, образованный направлениями на В и на северный полюс мира; он измеряется в градусах и отсчитывается в направлении север-восток-юг-запад. — *Прим. ред.*

заметные сгущения, трудно различимые на фоне окружающих звезд. Обычно это старые рассеянные скопления, в которых звезды вследствие собственных движений как бы «разбежались» в окружающее пространство, так что их принадлежность к скоплению стала едва заметна. Более молодые скопления, например Плеяды (M45), наоборот, более компактны и содержат много горячих молодых звезд.



Рис. 133. Шаровое скопление M13 в созвездии Геркулес – один из самых удивительных объектов северного неба.

Таблица №15
Звёздные скопления

Созвездие	Обозначение	α		δ	
		ч	м	град.	мин
Возничий	M38	5	29	35	51
Возничий	M37	5	52	32	34
Рак	M44	8	40	19	41
Гончие Псы	M3	13	42	28	23
Кассиопея	M103	1	33	60	42
Центавр	NGC 3766	11	36	-61	37
Центавр	ω	13	27	-47	19
Южный Крест	NGC 4755	12	54	-60	21
Лебедь	M39	21	32	48	26
Близнецы	M35	6	9	24	20
Геркулес	M13	16	42	36	27
Ящерица	NGC 7243	22	15	49	45
Пегас	M15	21	30	12	10
Персей	η и χ	2	22	57	8
Персей	M34	2	42	42	47
Стрелец	M23	17	57	-19	1
Скорпион	M6	17	40	-32	13
Скорпион	M7	17	54	-34	49
Скульптор	M11	18	51	-6	17
Телец	M45	3	47	24	7
Южный Треугольник	NGC 6625	16	3	-60	29
Тукан	NGC 104	0	24	-72	5

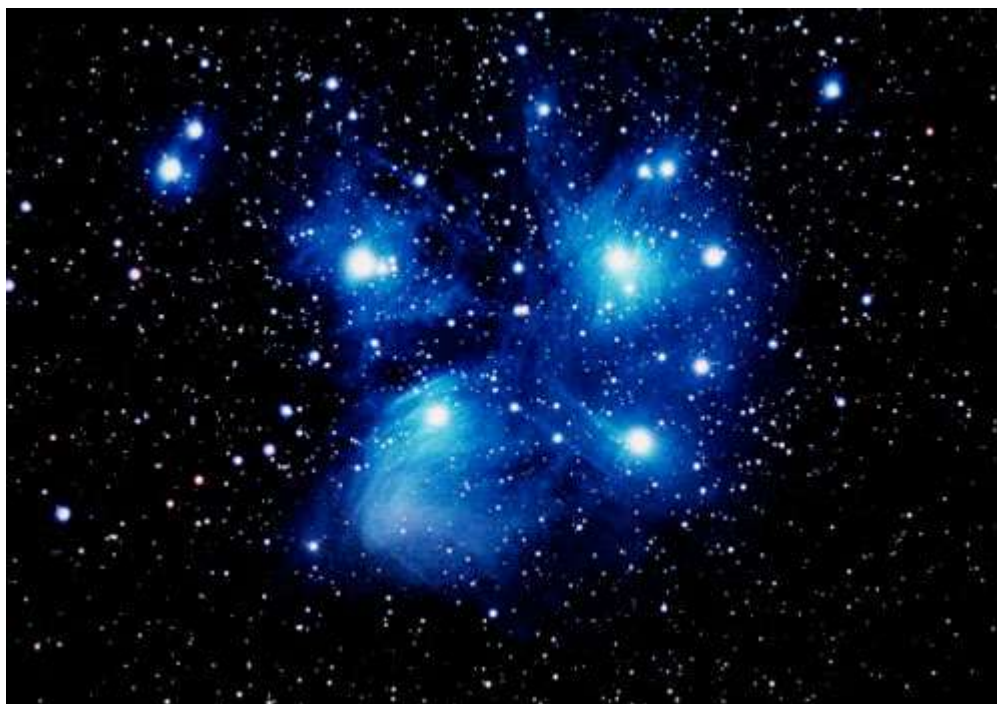


Рис. 134. Молодые, горячие звезды в рассеянном скоплении Плеяды и голубые отражательные туманности.

Шаровые скопления. Шаровые скопления представляют собой плотные шарообразные образования, содержащие до нескольких миллионов звезд. Это очень старые объекты, сформировавшиеся из первичного, не содержащего тяжелых элементов вещества на ранних этапах эволюции Галактики. Согласно современным представлениям тяжелые химические элементы образуются при термоядерных реакциях, протекающих внутри звезд. Заканчивая свой жизненный цикл звезды взрываются, а их вещество, обогащенное тяжелыми элементами, рассеивается в межзвездном пространстве и служит материалом, из которого в дальнейшем формируются звезды нового поколения. В отличие от рассеянных скоплений шаровые концентрируются не в спиральных рукавах, а ближе к центру Галактики, который расположен в направлении созвездия Стрелец. Шаровые скопления обнаружены также далеко от центра — в области галактического гало.

Туманности

Межзвездное пространство в Галактике заполнено газом и пылью, которые довольно часто собираются в плотные облака — так называемые газопылевые туманности. По внешнему виду их делят на несколько типов.

Темные туманности. Плотное газопылевое облако, загромождающее свет расположенных за ним звезд, выглядит на фоне окружающих звезд темной туманностью. К числу таких туманностей относятся Большой Провал в созвездии Лебедь и туманность Угольный Мешок в созвездии Южный Крест. Наряду с такими плотными туманностями имеется много менее заметных, которые в основном сосредоточены в темной полосе, вытянувшейся вдоль Млечного Пути. Наблюдать эти слабые туманности можно лишь при благоприятных условиях, используя небольшое увеличение.

Отражательные туманности. Пыль газопылевого облака может отражать свет горячих звезд, расположенных поблизости. Тогда эти облака предстают нашему взору в виде светлых отражательных туманностей. Среди этих туманностей очень мало таких, которые можно увидеть невооруженным глазом. Например, при хорошей видимости можно «угадать» слабую отражательную туманность в скоплении Плеяды. Однако отражательные туманности

хорошо заметны на фотографиях, сделанных с длительной экспозицией. Обычно они имеют голубой цвет, поскольку отражают свет молодых и горячих звезд, находящихся по соседству. Хотя в таких туманностях довольно много газа, только в некоторых случаях звезды достаточно горячи, чтобы вызвать его свечение.

Таблица №16

Туманности

Созвездие	Обозначение	α		
		ч	м	град
Киль	NGC 3372	10	45	-5
Золотая рыба	NGC 2070	6	39	-6
Дракон	NGC 6543	17	59	6
Лира	M57	18	54	3
Орион	M42	5	35	-5
Персей	M76	1	42	5
Стрелец	M8	18	05	-2
Стрелец	M20	18	02	-2
Стрелец	M17	18	21	-1
Телец	M1	5	35	2
Большая медведица	M97	11	15	5
Лисичка	M27	20	00	2



Рис. 135. Тёмное пылевое облако туманности Конская Голова в созвездии Орион закрывает свет более далёких звёзд.

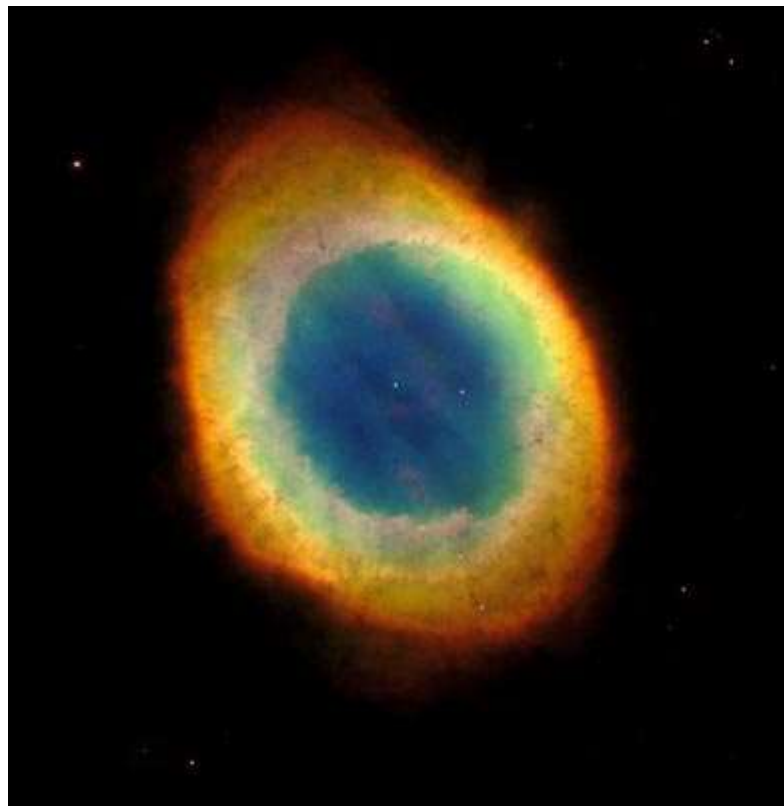


Рис. 136. Кольцеобразная туманность в созвездии Лира – весьма эффектная планетарная туманность.



Рис. 137. Большая туманность в созвездии Орион – яркий пример эмиссионных туманностей.

Эмиссионные туманности. Свечение эмиссионных туманностей возбуждается ультрафиолетовым излучением заключенных в них звезд. Газ, из которого состоит туманность, поглощает ультрафиолетовое излучение звезд, переизлучая его затем в видимом диапазоне. Глазу эти туманности кажутся зеленоватыми диффузными образованиями, но на фотографиях они выглядят красными, благодаря сильному свечению на длине волны водорода, составляющего основную массу газа туманности. Самый яркий представитель эмиссионных туманностей — известная Большая Туманность Ориона (M42), которую невооруженный глаз различает как тусклую «звездочку» в «мече» Ориона. При наблюдении в телескоп эта туманность выглядит протяженным светящимся облаком газа, которое окружает горячие молодые звезды, входящие в состав так называемой «Трапеции» Ориона (Ориона). Эмиссионные и темные газопылевые туманности часто являются районами активного звездообразования.



Рис. 138. Темное межзвездное облако, образующее туманность «Мексиканский Залив», на фоне светящейся газовой туманности Северная Америка. Свечение этой туманности обусловлено водородом, из которого она в основном состоит.



Рис. 139. Туманность NGC 7293 («Улитка») в созвездии Водолей — очень крупная и впечатляющая планетарная туманность.

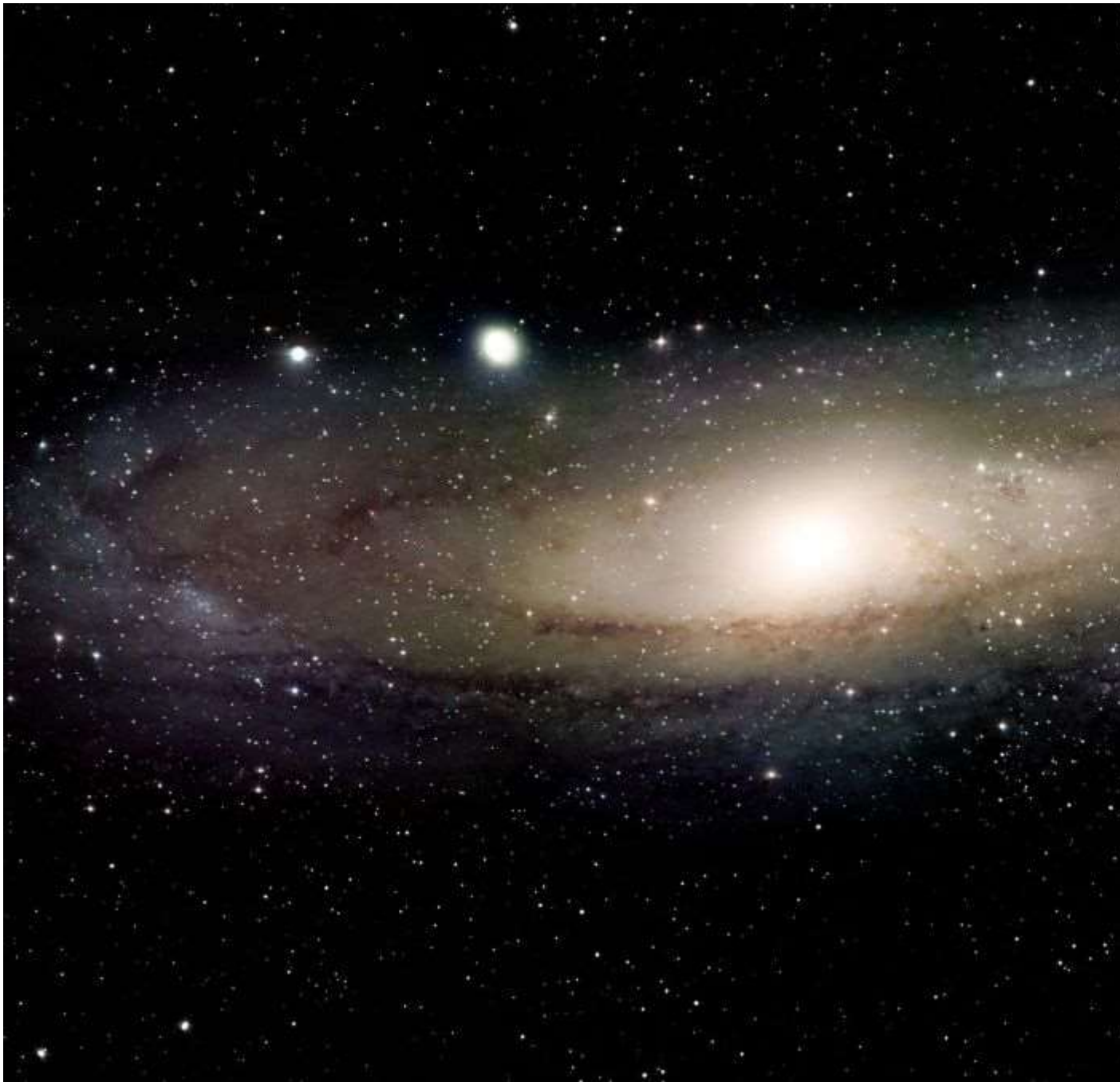


Рис. 140. Туманность М31 в созвездии Андромеда — гигантская спиральная галактика Sb-типа в окружении нескольких небольших галактик, ее спутников.

Планетарные туманности. Некоторые звезды на заключительных стадиях эволюции постепенно сбрасывают внешние слои, которые, медленно расширяясь, образуют светящиеся туманности. При наблюдениях в телескопы эти туманности напоминают диски планет, поэтому они и получили название планетарных. В центре некоторых из них можно увидеть небольшие очень горячие звезды. Расширяющиеся газовые туманности также возникают в конце жизни некоторых массивных звезд, когда они взрываются как сверхновые; при этом звезды полностью разрушаются, рассеивая свое вещество в межзвездное пространство. Это вещество богато тяжелыми элементами, образовавшимися в ядерных реакциях, протекавших внутри звезды, и в дальнейшем служит материалом для звезд новых поколений и планет. Туманности, оставшиеся после таких взрывов, называются остатками взрыва сверхновых. Примерами могут служить Крабовидная туманность в созвездии Тельца (M1) и тонковолокнистая Туманность Вуаль, часть гигантской Петли в созвездии Лебедь; их легко

можно увидеть в любительский телескоп.

Наша Галактика

Сгущение звезд, получившее название Млечный Путь, протянулось полосой через все небо. Оно едва заметно даже в темные ночи в созвездиях Близнецы, Орион и Возничий, но сияет ярким серебристым светом в области неба между созвездиями Лебедь (на севере) и Киль (на юге). В некоторых местах Млечный Путь настолько ярок, что на его фоне трудно различить яркие звезды, образующие контуры созвездий. Темные «провалы» на ярком фоне звезд Млечного Пути — это плотные пылевые облака, которые поглощают свет расположенных за ними звезд. Все эти скопления звезд и межзвездной пыли, а также молодые рассеянные звездные скопления входят в состав гигантских спиральных рукавов и диска нашей Галактики. Диаметр этой огромной плоской звездной системы около 30 кпк, или 100000 св. лет.

Солнечная система находится внутри этого диска, и именно его мы наблюдаем (в проекции на небесную сферу) в виде полосы Млечного Пути. На фотографиях, полученных с помощью широкоугольных фотокамер, наша Галактика выглядит как диск с центральным сгущением звезд, расположенным в направлении на созвездие Стрелец. Это линзообразное по форме сгущение называют галактическим ядром; оно представляет собой сплюснутое шарообразное облако звезд, расположенное в центре Галактики. Старые красноватые звезды, входящие в состав ядра, по своим свойствам сильно отличаются от молодых, горячих, голубых звезд спиральных рукавов. Центр Галактики находится в созвездии Стрелец на границе с созвездием Змееносец. Галактический центр не удастся наблюдать в видимой области спектра, так как он закрыт от нас плотными газопылевыми облаками. Но наблюдения в рентгеновском, инфракрасном и радиодиапазонах, в которых газ и пыль практически прозрачны, показали, что ядро Галактики представляет собой гигантский вихрь газопылевых облаков и скоплений звезд, в самом центре которого, по-видимому, расположена массивная черная дыра. Солнечная система лежит ближе к краю Галактики, на расстоянии около 10 кпк (32 000 св. лет) от ее центра.

Как свидетельствуют наблюдения, наряду с галактическим диском (плоской составляющей в структуре нашей Галактики) существует менее выраженная и значительно более протяженная, сферическая по форме составляющая Галактики, называемая галактическим гало. Гало, границы которого четко не определены, состоит из газа (общее количество его пока точно не известно) и редко разбросанных слабых звезд.

Таблица №17 Галактики

Созвездие	Обозначение	α	
		ч	а
Андромеда	M31	0	4
Андромеда	M32	0	3
Гончие Псы	M51	13	3
Золотая рыба/Столова гора	БМО	5	2
Треугольник	M33	1	3
Тукан	ММО	0	5
Большая Медведица	M81	9	5
Большая Медведица	M101	14	6
Дева	M87	12	3



Рис. 141. NGC 253 — спиральная галактика Sc-типа в созвездии Скульптор, видимая почти с ребра.

Интересно представить, как выгладит наша Галактика со стороны. Видимо, она очень похожа на ближайшую к нам галактику M31, знаменитую Туманность Андромеды, или на более далекую галактику M81 в созвездии Большая Медведица, а с ребра она, возможно, напоминает известную галактику M104 («Сомбреро») в созвездии Дева, в которой заметна темная полоса поглощающего вещества.

Другие галактики

Галактики весьма разнообразны как по форме, так и по размерам. Выделяется группа небольших неправильной формы галактик, у которых не обнаруживается никакой структуры. Примером может служить Малое Магелланово Облако — оно настолько бесструктурно, что кажется просто небольшим участком Млечного Пути. Структура едва заметна у другой ближайшей к нам галактической системы — Большого Магелланова Облака.

Наряду с неправильными можно выделить еще два крупных типа галактик: спиральные и эллиптические.

Спиральные галактики, к которым относится и наша, представляют собой плоские звездные системы с диском и центральным ядром, в этих галактиках много молодых звезд. Небольшая группа галактик этого типа (галактики S0) не имеет спиральных ветвей, у других спиральная структура становится заметной, если их диски повернуты к наблюдателю. Широко разбросанные, сильно раскрученные спиральные рукава в галактиках типа Sc, подобных объекту M33 в созвездии Треугольник, довольно трудно различить в телескоп, тогда как у галактик типа Sb спирали хорошо заметны. Примером последних может служить великолепная по виду галактика M81 в созвездии Большая Медведица.



Рис. 142. M33 — спиральная галактика Sc-типа в созвездии Треугольник, видимая почти «плашмя»; внешние области ее спиральных облаков различить довольно трудно (слева).



Рис. 143. Достаточно яркая сверхновая (показана стрелкой), вспыхнувшая в спиральном рукаве галактики (вверху).

Более компактные галактики типа Sa при наблюдении в любительские телескопы, кажется, вообще не имеют структуры, однако на фотографиях, полученных с длительными экспозициями, их спиральная структура отчетливо заметна.

Примером еще одного типа галактик — спиральных галактик с перемычкой (SB), — у которых спирали начинаются не из ядра, а от концов перемычек, пересекающих ядро, может служить M95 в созвездии Лев; это галактика типа SBb.

Эллиптические галактики, характеризующиеся довольно плавным распределением яркости, состоят из старых звезд и очень бедны газом и пылью. Они обозначаются буквой E,

за которой следует цифра, указывающая на степень сплюснутости. Галактики типа E0, к которым относится гигантская эллиптическая галактика M87 в созвездии Дева, имеют абсолютно сферическую форму; в этом же созвездии видна более сплюснутая галактика M49 типа E4. Сильно сплюснутые галактики типа E7 — довольно редкое явление среди эллиптических галактик; они напоминают спиральные галактики, видимые с ребра. Массы этих галактик варьируются в широких пределах. Так, масса карликовых эллиптических галактик не превышает одной миллионной массы нашей Галактики, в то время как такие гигантские эллиптические галактики, как M87, по массе в сотни раз превосходят нашу.

Газ и пыль, сосредоточенные в плоскости Млечного Пути, сильно поглощают свет; поэтому галактики в основном видны лишь вблизи северного и южного галактических полюсов. В Северном полушарии особенно много галактик и их скоплений наблюдается в созвездии Волосы Вероники и вблизи созвездия Дева. Перечень самых ярких галактик приведен в таблице.

Галактики — настолько слабые и тусклые объекты, что их можно исследовать только путем фотографирования с длительными экспозициями. Очевидно, что при таких экспозициях необходима точная система гидирования. Чтобы обнаружить в галактиках вспышки сверхновых, нужно проводить систематические, патрульные визуальные или фотографические наблюдения; при этом используются те же методы, что и при поиске новых звезд.

Сверхновые. Последние вспышки сверхновых в нашей Галактике наблюдали еще известные астрономы прошлого: Тихо Браге — в 1577г. и Иоганн Кеплер — в 1604 г. Подобные вспышки сверхновых иногда наблюдаются и в других галактиках; несколько таких вспышек было зарегистрировано астрономами-любителями. Взрывы сверхновых значительно мощнее взрывов новых звезд. Звездная величина сверхновой за короткий промежуток времени изменяется более чем на 20m, и звезда по яркости становится сравнимой с целой галактикой, содержащей сотни миллиардов звезд.

Литература

- American Association of Variable Star Observers. AAVSO Variable Star Atlas. — Cambridge Massachusetts: Sky Publishing, 1980.
- British Astronomical Association: Guide for Observers of the Moon. — London, 1974.
- Handbook. — London (выпускается ежегодно).
- Satellite Observers' Manual. — London, 1974.
- Star Charts. — London, 1981.
- Burnham R. Burnham's Celestial Handbook. 3 vols. — New York: Dover, 1978.
- Duffer-Smith P. Practical Astronomy with Your Calculator. 2nd edition — Cambridge, England: Cambridge University Press» 1981.
- Eastman Kodak Co. Astrophotography Basics. Publication AC-48. Rochester, New York, 1980.
- King-Hele D. Observing Earth Satellites, — London: Macmillan, 1983.
- Moore P., ed. Practical Amateur Astronomy. — Guildford, England: Lutterworth Press, 1975.
- Norton A. P. Norton's Star Atlas. 17th edition. Edited by G.S. Satterthwaite. — Edinburgh: Gall & Inglis, 1978.
- Royal Astronomical Society of Canada. Observer's Handbook. — Toronto (выпускается ежегодно).
- Sidgwick J. B. Observational Astronomy for Amateurs. 4th edition. Edited by J. Muirden. — London: Pelham, 1982. Tirion W. Sky Atlas 2000. — Cambridge, Massachusetts: Sky Publishing, 1981.

Журналы

- Astronomy. AstroMedia Corp., PO Box 92788, Milwaukee, Wisconsin (ежемесячно).
- British Astronomical Association, Burlington House, Piccadilly, London W1V ONL (раз в два месяца).
- Popular Astronomy. Junior Astronomical Society, 36 Sandown Way, Greenham, Newbury, Berks. RG14 7SD (раз в квартал).
- Quarterly Journal. Royal Astronomical Society, Burlington House, Piccadilly, London W1V ONL (раз в квартал).
- Sky & Telescope. Sky Publishing, 49 Bay State Road, Cambridge, Massachusetts 02138 (ежемесячно).
- The Astronomer, 177 Thunder Lane, Thorpe St Andrew, Norwich NR7 OJF (наблюдения любителей, ежемесячник).

Дополнительная литература

- Астрономический календарь. Постоянная часть. — М.: Физматгиз, 1962.
- Астрономический календарь. Переменная часть. — М.: Наука (выпускается ежегодно).
- Дагаев М.М. Наблюдения звездного неба. — М.: Наука, 1975.
- Зигель Ф.Ю. Сокровища звездного неба. — М.: Наука, 1976.
- Каплан С. А. Как увидеть, услышать и сфотографировать искусственные спутники Земли. — М.: Физматгиз, 1958.
- Климишин И. А. Календарь и хронология. — М.: Наука, 1985.
- Куликовский П. Г. Справочник любителя астрономии. — М.: Наука, 1971.
- Михайлов А. А. Звездный атлас, содержащий для обоих полушарий все звезды до 8.25 звездной величины (изд. 2-е). — М.: Гостехиздат, 1957.
- Михайлов А. А. Звездный атлас. — М.: Изд-во АН СССР, 1958. Состоит из четырех карт звездного неба, содержащих звезды до 5.5 звездной величины.
- Могилко А. Д. Учебный звездный атлас. — М.: Учпедгиз, 1958.
- Набоков М.Е. Астрономические наблюдения с биноклем, — М.: Гостехиздат, 1947.
- Струве О., Линде Б., Пилланс З. Элементарная астрономия. — М.: Наука, 1964.
- Уллерих К. Ночи у телескопа. — М.: Мир, 1966.
- Физика космоса (маленькая энциклопедия). — М.: Советская энциклопедия, 1986.
- Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. — М.: Наука, 1973.
- Школьный астрономический календарь. — М.: Просвещение (выпускается ежегодно).
- Энциклопедический словарь юного астронома. — М.: Педагогика, 1980.
- Много интересных публикаций содержится в журналах «Земля и Вселенная», «Наука и жизнь».

Астрономические организации

Великобритания

- British Astronomical Association. Burlington House, Piccadilly, London W1V ONL.
- British Interplanetary Society. 27-29 South Lambeth Road, London SW8 1SZ.
- Junior Astronomical Society. 36 Sandown Way, Greenham, Newbury, Berks. RG14 7SD.
- Royal Astronomical Society. Burlington House, Piccadilly, London W1V ONL.

США

American Association of Variable Star Observers. 187 Concord Avenue, Cambridge, Massachusetts 02138.

American Meteor Society. Dept. of Physics and Astronomy, SUNY, Genesco, New York 14454.

Association of Lunar and Planetary Observers. Box 3AZ, University Park, New Mexico 88003.

Astronomical League. PO Box 12821, Tucson, Arizona 85732.

Astronomical Society of the Pacific. 1290 24th Avenue, San Francisco, California 94122.

Royal Astronomical Society of Canada. 136 Dupont Street, Toronto, Ontario M5R 1V2. Western Amateur Astronomers. PO Box 2316, Palm Desert, California 92261.

Другие страны

Astronomical Society of New South Wales. PO Box 208, Eastwood, N.S.W. 2122, Australia.

Astronomical Society of South Australia. PO Box 199, Adelaide, S. Australia 501.

Astronomical Society of Southern Africa, c/o South African Astronomical Observatory, PO Box 9, Observatory, 7935, Cape Republic of South Africa.

Astronomical Society of Victoria. PO Box 1059J, Melbourne, Victoria 3001.

British Astronomical Association (New South Wales Branch). Sydney Observatory, Sydney, N.S.W. 2001.

Royal Astronomical Society of New Zeland. PO Box 3181, Wellington Cl.