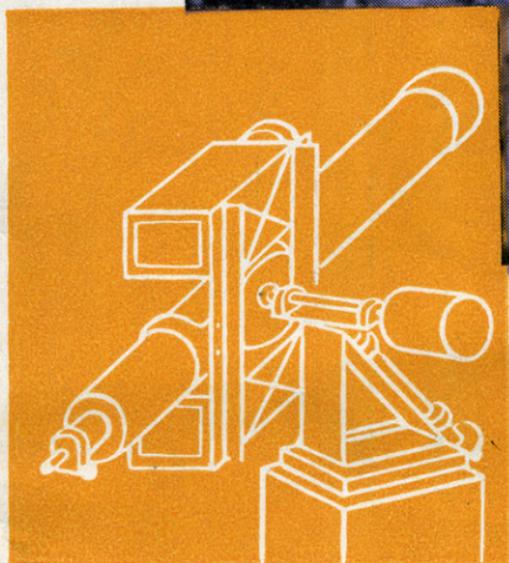
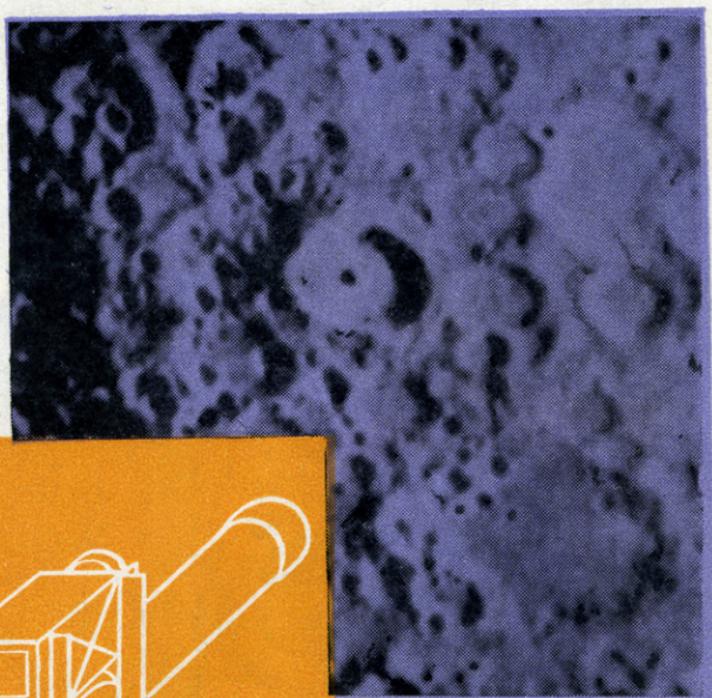


Ж.ВОКУЛЁР, Ж.ТЕКСЕРО

Фотографирование небесных тел



**ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ
АСТРОНОМИИ**

*Ж. ВОКУЛЕР
Ж. ТЕКСЕРО*

ФОТОГРАФИРОВАНИЕ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ
АСТРОНОМИИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва 1967

522.1

B 66

УДК 522.61

L'ASTROFOTOGRAFIE D'AMATEUR

par

JEAN TEXEREAU
Observatoire de Paris

et

GÉRARD DE VAUCOULEURS
Institut d'Astrophysique

ÉDITIONS DE LA REVUE D'OPTIQUE
THÉORIQUE ET INSTRUMENTALE

165, RUE DE SÈVRES—3 ET 5, BOULEVARD PASTEUR

PARIS (15^e)

1954

ПАМЯТИ

ЛЮСЬЕНА РЮДО

(1874—1947)

и

ФЕРДИНАНДА КЭНИССЭ

(1872—1951)

*Пионерам и пропагандистам
— энтузиастам
астрономической фотографии,
пример
и советы которых
вдохновляли
и направляли
любителей астрофотографии
в течение полувека.*

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

В настоящее время в нашей стране в связи с успехами космонавтики и астрономии все шире развивается интерес к изучению и наблюдению небесных тел. Расширяются и технические возможности любителей астрономии путем самостоятельного телескопостроения, оснащения школ и вузов фабричными телескопами и постройки народных обсерваторий. Книга Вокулера и Тексеро поможет нашим учащимся и любителям производить интересные, а иногда и полезные для науки фотографические наблюдения. Авторы используют опыт Рюдо, талантливого любителя астрономии, две книги которого «Астрономия на основе наблюдений» и «Как изучать небесные тела» были изданы в русском переводе соответственно в ОНТИ (1935 г.) и Изд. «Физика», СПб (1911 г.).

В процессе перевода книга была приспособлена к возможностям советского любителя астрономии, со ссылками на существующую в продаже оптику и фотоматериалы. Заменена также библиография.

Ваши отзывы о книге направляйте по адресу: Москва, В-71, Ленинский проспект, 15, Издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы.

ВВЕДЕНИЕ

Любителю фотографии и любителю астрономии мы хотим здесь показать, как они могли бы повысить привлекательность своего досуга весьма простыми средствами, которые открыли бы им новые горизонты. Они будут удивлены, узнав, как их скромные фотоаппараты в сочетании с наиболее простым телескопом, или без него, позволят зарегистрировать то, что они без этого никогда бы не увидели. Они также получают более отчетливое представление об открытиях и задачах современной астрономии, в то время как их фотографические навыки найдут новое применение, а для удовлетворения их склонности к ручному мастерству откроются широкие возможности. Эта маленькая книжка даст им необходимые советы и руководство первыми опытами и познакомит с некоторыми примерами из опыта их предшественников. Собственная изобретательность любителей довершит остальное.

Мы предполагаем только, что любитель фотографии уже располагает некоторыми астрономическими познаниями и что любитель астрономии, с другой стороны, имеет представление о фотографической технике. В случае необходимости упомянутые в прилагаемой библиографии издания помогут приобрести эти познания или уточнить их.

Мы сознательно ведем изложение на очень элементарном уровне, имея в виду помочь начинающим. Однако некоторые фотографии или дополнительные

указания, даваемые то тут, то там, покажут, что остается доступной еще обширная область и после того как читатели исчерпают те возможности, которые эта маленькая книжка им указывает.

Любитель астрофотографии должен вспомнить, что наиболее трудными часто бывают как раз первые шаги и что некоторые неудачи, которые мы все испытываем сначала, не должны его обескуражить.

То, что сделали другие, сумеете сделать и вы!

А теперь смело к вашим аппаратам!

АСТРОФОТОГРАФИЯ ПРИ ПОМОЩИ ОБЫЧНЫХ АППАРАТОВ

Хотя для полного успеха в астрофотографии часто требуются специальные аппараты, о которых мы поговорим во второй части этой книги, очень интересные результаты можно получить уже при помощи наиболее простых любительских средств. Начинаящий получит к тому же наибольшую пользу от опыта, приобретенного при их использовании, так как основные принципы применения аппаратов остаются всегда одними и теми же.

Поэтому мы начнем с рассмотрения астрономических задач, которые можно решать с помощью обычных аппаратов, установленных либо на простой неподвижной или азимутальной подставке (гл. I), либо на простой же, но экваториальной (гл. II).

Но прежде чем вы к этому приступите, мы должны сделать...

Некоторые предварительные напоминания

Необходимо напомнить сначала некоторые важные свойства фотографических объективов, которые играют основную роль для того применения, которое мы хотим им дать.

Эти важнейшие свойства таковы:

1. *Свободное отверстие D*, или диаметр объектива при полном его открытии, которое определяет *проницающую способность*, т. е. его способность зарегистрировать более или менее слабые точечные источники света. Обыкновенная линейка даст вам немедленно эту фундаментальную величину.

2. *Фокусное расстояние f* (его часто неправильно называют *фокусом*) — расстояние, разделяющее *заднюю главную* точку объектива и пластинку, когда аппарат установлен на бесконечность. Оно определяет масштаб получаемых изображений, т. е. их линейные размеры и, следовательно, если объектив хорош, величину более или менее крупных деталей, которые можно зарегистрировать раздельно в протяженном изображении светила.

3. *Относительное отверстие D/f **), т. е. отношение свободного отверстия D к фокусному расстоянию, которое определяет *светосилу* аппарата для таких протяженных источников света, как Луна, кометы, туманности..., и даже для самого фона ночного неба. Это отношение D/f обычно написано на оправе объектива вместе со шкалой диафрагм.

Аппараты малого формата, использующие 35-мм фотопленку, имеют обычно объектив с фокусным расстоянием 50 мм и светосилой $1/3,5$ («Эльмар», «Тессар», «Индустар», «Мир» и др.), $1/2$ и даже $1/1,5$ («Гелиос», «Юпитер» и др.), т. е. со свободным отверстием около 15 или 25 мм. Реже удастся располагать длиннофокусными объективами с отверстием 40 мм, фокусным расстоянием 85 мм и относительным отверстием $1/2$.

Широко распространены камеры в виде ящика и аппараты $6\frac{1}{2} \times 9$ или 6×9 см с фокусным расстоянием 105 мм, такие как «Рефлекс», 6×6 («Роллейфлекс», «Любитель-2», «ФТ-2» и т. п.), «Салют» с фокусом 50—75 мм. Их тоже можно использовать, предпочтительно с адаптером для пластинок, хотя эти аппараты и трудно прилаживать к штативу.

В тех же условиях с успехом можно использовать складные камеры («Москва», «Искра» и др.) с фокусным расстоянием 75 или 110 мм и светосилой $1/4,5$ или $1/3,5$ при условии, что в рабочем положении они достаточно жестки.

Наконец, могут еще сослужить службу для астрофотографии, при условии усиления их жесткости, добрые старые камеры наших дедов, которые иногда попадают в комиссионных магазинах и снабжены объ-

* В дальнейшем это отношение авторы часто нестрого называют светосилой. (Прим. перев.)

ективами «коллинеар» с фокусным расстоянием 15—25 см и светосилой $1/8$.

Если вы не располагаете фотоаппаратом, обратитесь к гл. III и IV, из которых вы узнаете, как построить аппарат, специально приспособленный для астрономической фотографии. Здесь же мы рассмотрим, что можно сделать, используя фотоаппараты, имеющиеся в продаже.

Зная значения величин f и D/f вашего аппарата, обратитесь к таблице 1 (в приложении), которая сразу вам покажет предельную звездную величину, т. е. блеск наиболее слабых звезд, изображения которых вы можете надеяться получить на снимке..., если все будет благополучно. Затем, из таблицы 1а вы узнаете предельную выдержку, т. е. наибольшую длительность экспозиции, которой вы можете подвергнуть высокочувствительную эмульсию, прежде чем свет ночного неба начнет заметно вуалировать светочувствительный слой. (Таблица относится к безлунной ночи за городом; в городе же, или при свете Луны, предел выдержки значительно меньше.) Таблица 3 дает вам масштаб изображений и, в частности, линейные размеры изображений Луны или Солнца в фокусе вашего объектива.

Отсюда мы видим, например, что объектив $1/3,5$ с фокусным расстоянием 50 мм даст нам изображение Луны всего лишь 0,5 мм в диаметре. Зато он позволит нам экспонировать с пользой почти час и зарегистрировать звезды до 10 или 11 звездной величины на поле, охватывающем в принципе площадь $26^\circ \times 40^\circ$ (24×36 мм), а на практике на поле около 20° в диаметре. (Это будет так при условии, что камера следует за суточным вращением неба во время экспозиции; см. главу II.) Чтобы непосредственно видеть в телескоп столь слабые звезды и притом в поле менее 1 градуса в диаметре, вам понадобится объектив с отверстием 75 мм (вместо 15 мм). Ваш «Зоркий», «Зенит» или «ФЭД» покажет вам, таким образом, на одном снимке по меньшей мере в тысячу раз больше звезд! При помощи таблиц 1а и 3 подобное сравнение вы сможете сделать для большинства современных объективов.

Конечно, если вы будете экспонировать в течение меньшего времени, вы зарегистрируете меньше звезд.

Таблица 2 вам покажет тогда предельную звездную величину, соответствующую заданной экспозиции и данному объективу.

ГЛАВА I

АППАРАТЫ НЕПОДВИЖНЫЕ ИЛИ НА АЗИМУТАЛЬНОМ ШТАТИВЕ

1. Штативы и суппорты для аппаратов

Конечно, первое, что надо сделать для фотографирования неба, это направить наш аппарат на небо. Но это надо делать рационально.

Если вы используете камеру с мехом, или жесткую, формата 9×12 или 13×18 см, то ее выгодно установить

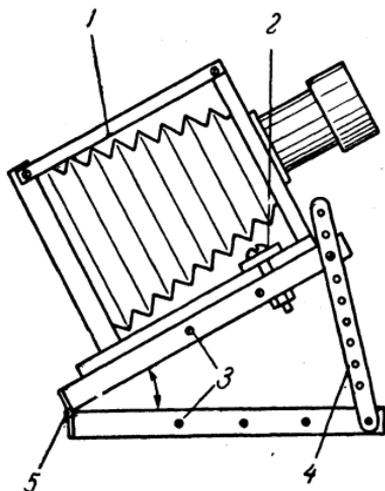


Рис. 1. Подставка для фотокамеры с раздвижным мехом:

1 — фиксирующая распорка, 2 — скрепляющий болт, 3 — винты с круглой головкой, 4 — планка с отверстиями для фиксации наклона камеры, 5 — шарнир.

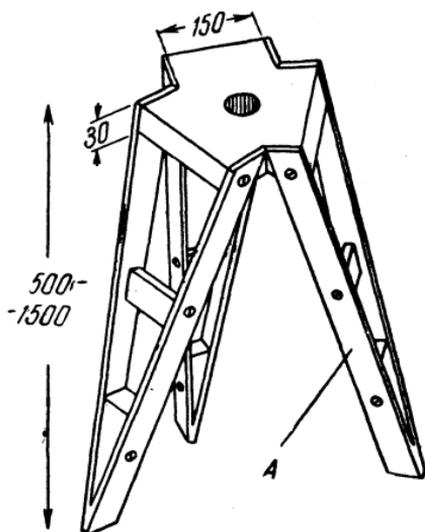


Рис. 2. Конструкция треноги. Большая ширина основания (150 мм) важна для жесткости. А — планки 40×10 см.

на маленьком суппорте простой конструкции (рис. 1). Сам суппорт вы устанавливаете в желаемом направлении на пне, деревянном столбе или на другом прочном основании,

Если вы хотите использовать аппарат маленького формата или складную камеру, то еще лучше использовать треногу хорошей конструкции, например, для кинокамеры. Панорамная головка — роскошь необязательная, но удобная. Наоборот, надо забраковать металлические треноги и шарнирные головки, которые почти всегда имеют недостаточную стабильность для астрофотографии. При надобности можно построить солидную треногу рациональной конструкции (рис. 2). Впоследствии она поможет вам монтировать на ней все более тяжелые аппараты, в частности, суппорт для камер, изображенных на рис. 1 и 11. Важно иметь возможность удобно ориентировать аппараты и поддерживать их точно направленными на какую-нибудь точку небосвода.

Подставки, или суппорты, позволяющие направлять аппарат в каком-нибудь направлении путем вращения вокруг двух осей — вертикальной и горизонтальной, представляют *азимутальную установку*. Вертикальная ось позволяет направлять камеру по азимуту, а горизонтальная — по высоте.

2. Фокусировка на бесконечность

Первое, что надо сделать раз и навсегда, это установить аппарат на бесконечность, что пригодно для фотографирования всех светил. В случае аппаратов маленького формата, тщательно изготовленных, вообще говоря, можно положиться на имеющуюся у них градуировку расстояний.

Лучше все же ее проверить, так как желаемая четкость астрономической фотографии много выше, чем та, которая достаточна для фотографии обычной.

Рассмотрим случай любой камеры, которую мы хотим установить на бесконечность. Надо произвести следующие операции.

Сначала, если это возможно, установите фокус грубо по матовому стеклу, рассматривая удаленный объект, например, телеграфный или фонарный столб.

С наступлением ночи направьте аппарат на яркую звезду, вставьте заряженную кассету, откройте ее шторку и затем осторожно снимите крышку с объектива или откройте затвор и экспонируйте, например, в течение пяти минут.

Теперь перемещайте объектив относительно пластинки, вращая объектив в его оправе или кремальерой (в зависимости от конструкции камеры) на небольшую величину, например на $\frac{1}{2}$ мм. Отметьте новое положение объектива очень тонкой черточкой, процарапав ее булавкой на оправе, или прочитайте отсчет, если имеется шкала расстояний. Экспонируйте снова, например,



Рис. 3. Следы звезд для нахождения фокуса. Центральный, самый тонкий след, соответствует наилучшей фокусировке (увеличение пять раз).

в течение трех минут, и так продолжайте, чтобы получить 5—6 следов, захватывающих ожидаемое положение фокуса *).

После проявления и фиксирования пластинка должна обнаружить серию маленьких черточек, подобных изображенным на рис. 3. Применяйте контрастный проявитель (см. главу VII, § 27).

Если ваша предварительная установка на фокус была уже хороша, вы найдете в серии черточку, которая будет тоньше всех остальных. Она и указывает правильное положение фокуса. Отметьте это положение и закрепите в нем свой аппарат или же отметьте его так тщательно, чтобы можно было легко найти его снова, если ваш аппарат иногда используется и для «земной» фотографии.

Если две последовательные черточки оказались одинаково четкими, установка на точный фокус находится, естественно, между ними.

*) Чтобы наверняка захватить положение фокуса, следует сначала сместить объектив относительно его положения, найденного по матовому стеклу, на $1-1\frac{1}{2}$ мм в какую-либо сторону, а затем вращать его в другую сторону и получить серию следов звезд. (Прим перев.)

Для аппаратов большой светосилы хорошо повторить операцию во втором приближении, перемещая объектив через каждые 0,1 мм.

В самом деле, легко видеть (рис. 4), что если X — ошибка, сделанная при определении фокуса, то Y — диаметр пятна, изображающего на пластинке звезду (или толщина оставляемого ею следа), будет $Y = XD/f$. (Формула выведена из геометрической оптики без учета aberrаций.) Итак, допустимая ошибка обратно пропорциональна f/D . Можно принять, что объектив для малого формата с фокусным расстоянием 50 мм должен давать изображение звезды размером 0,020 мм, а обычный объектив с фокусным расстоянием от 10 до 20 см — изображение диаметром 0,030 мм.

Возьмем в среднем 0,025 мм. В случае камеры со светосилой $f/D = 10$ можно примириться с максимальной ошибкой определения фокуса порядка $X = 0,25$ мм, тогда как хороший объектив с отверстием $1/2$ требует в принципе фокусировки с точностью до $X = 0,05$ мм.

После некоторых попыток и небольшого опыта вы сможете быстро находить фокусное расстояние своей камеры со всей практически нужной точностью.

Но найти положение фокуса еще недостаточно — надо знать, как его закрепить. Для жесткого металлического аппарата это совсем нетрудно. В случае деревянной камеры из крепкого материала надо принять некоторые предосторожности, так как дерево в сырую погоду может разбухнуть (повышение влажности характерно для ночи). Поэтому полезно время от времени проверять фокусировку.

Но при камерах складывающихся, и тем более с раздвижным мехом, можно встретиться с некоторыми трудностями. В самом деле, когда аппарат находится в наклонном положении, передняя часть аппарата имеет тенденцию стремиться назад под действием собственного

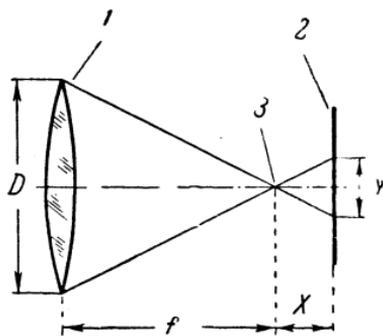


Рис. 4. Влияние неточной фокусировки:

1 — объектив, 2 — фотопластинка, 3 — фокус объектива.

веса и натяжения меха. Поэтому необходимо после нахождения фокуса добавить устройство, которое фиксировало бы его, как, например, распорки, препятствующие сдвигу, изображенные на рис. 1.

Но прежде чем осуществлять эту фиксацию, следует выполнить вторую важную регулировку, о которой мы сейчас скажем.

3. Регулировка перпендикулярности пластинки к оптической оси

Для первой фокусировки было достаточно пластинки малого формата, для полной же регулировки надо применять пластинку наибольшего формата, допускаемого аппаратом.

В самом деле, надо убедиться в *одинаковости* вида звездных изображений, близких ко всем четырем углам пластинки. Но мы не говорим об их совершенстве. Никакой объектив не дает действительно совершенных изображений, т. е. круглых и очень малых по всему протяжению поля, которое он должен покрыть. Обычно на некотором определенном расстоянии от центра негатива изображения звезд становятся овальными, удлиняются и, наконец, в углах пластинки принимают вид креста, копыя, либо «птички», вследствие остаточных аберраций (кóмы, астигматизма и т. д., см. гл. IV, § 15).

Надо терпеливо и систематически добиваться одинаковости этих изображений. Простым способом для этого будет следующий. Аппарат надо направить на яркую звезду так, чтобы ее изображение последовательно получалось в каждом углу пластинки и повторять для каждого из этих четырех положений способ фокусировки, описанный выше.

Затем, после некоторого опыта, вы будете знать, с какой стороны нужно выровнять аппарат, действуя либо на переднюю часть камеры, либо на заднюю, либо помещая картонные подкладки в пазы для кассеты. Одна или несколько последовательных пробных пластинок приведут вас к успеху или укажут на необходимость новых улучшений.

Подчеркнем, что бесполезно стараться добиться идеала этим способом, так как во всех случаях изображения в углах будут по необходимости плохими и чаще

всего придется удовольствоваться форматом пластинки, меньшим, чем тот, для которого камера предназначалась, например, для камеры 13×18 форматом 9×12 , а для камеры 9×12 — форматом $6\frac{1}{2} \times 9$. К тому же подобная регулировка должна быть уже сделана при изготовлении жестких аппаратов хорошего качества.

4. Фотографирование Солнца, Луны и затмений

Вследствие вращения Земли вокруг оси небесные светила и все небо представляются нам находящимися в непрерывном движении. Все же мы можем получить четкие изображения светил, если возможно делать моментальные снимки или применять очень короткие выдержки.

Солнце, Луна и затмения, происходящие от их взаимного движения, очень подходят для моментальных снимков. К ним мы теперь и обратимся, чтобы начать с легких сюжетов.

Нужно напомнить, что эти светила дают лишь очень малые изображения в фокусе малоформатных аппаратов (см. таблицу 3). Фокусное расстояние около 12 см, при котором изображения Солнца и Луны получаются около 1 мм диаметром, часто рассматривается как минимальное. Но тем не менее направить ваш маленький аппарат на Луну, хотя бы из любопытства, ничто вам не мешает; проявив пленку в мелкозернистом проявителе, можно частично скомпенсировать малость фокального изображения. По этому поводу напомним, что объективы, применяемые для камер малого формата, дают максимум разрешения при диафрагмах от $\frac{1}{8}$ до $\frac{1}{11}$. Однако в дальнейшем мы не будем рассматривать аппараты с объективами, имеющими фокусное расстояние менее 10—20 см.

При фотографировании Солнца нужно соблюдать предосторожность: необходимо ослаблять поток света, который оно к нам посылает. Не вздумайте гордо испытывать по Солнцу мощность объектива со светосилой $\frac{1}{2}$! (Шторный затвор камеры с полем 24×36 , расположенный в фокальной плоскости, может быть очень скоро разрушен благодаря сильному жару, сконцентрированному в изображении.) Поэтому надо сильно диафрагмировать объектив (до $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{30}$ и менее) и

применять пластинки и пленки малой чувствительности (диапозитивные, «Процесс», «Микрат» и т. п.). На пути лучей надо поставить сильно окрашенное поглощающее стекло. Удобное решение состоит в том, чтобы применять

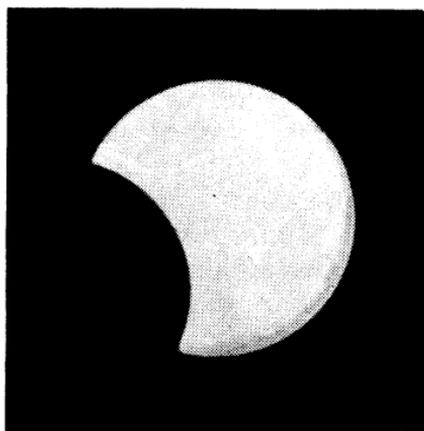
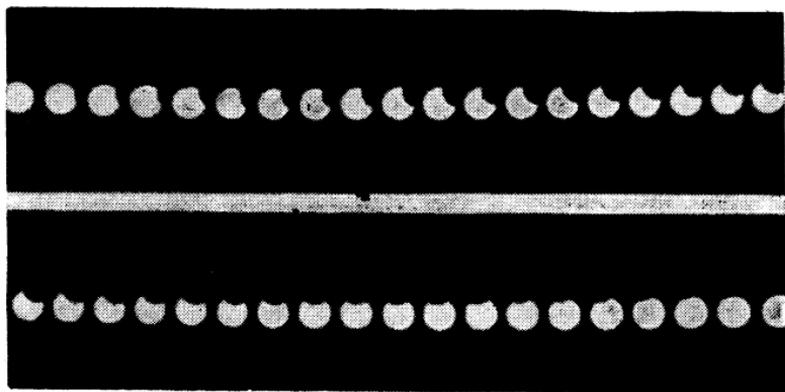


Рис. 5. а) Последовательные фазы частного затмения Солнца 28 апреля 1949 г., зарегистрированные камерой 9×12 см с фокусным расстоянием 13 см, задиафрагмированной до $f/50$; красный светофильтр; выдержки около $1/100$ сек через каждые три минуты (увеличение $3,3\times$). б) Фотография максимальной фазы, увеличенная в 30 раз.

обычную малочувствительную, не панхроматическую эмульсию и помещать перед объективом темнокрасный светофильтр хорошего оптического качества. Сильно ослабленного света Солнца еще достаточно, чтобы позволить делать моментальные снимки в $1/100$ секунды и даже меньше.

Неподвижным аппаратом, фотографируя через правильные интервалы около трех минут, можно получить интересную серию изображений Солнца, вытянутую

в виде бус. Постепенное ослабление блеска по мере опускания светила к горизонту представляет вместе с тем прекрасный урок космографии и великолепную иллюстрацию эффекта атмосферного поглощения (см. § 106).

Таким же образом можно получить очень выразительный «фильм» последовательных фаз солнечного затмения, как показывает

рис. 5, а. Эти маленькие изображения отлично подходят к тому, чтобы посредством промежуточных перепечаток получить сильные увеличения (см. гл. VII, § 29). Их можно без труда увеличить раз в 30 и более без потери четкости (рис. 5, б).

При съемке Луны мы, конечно, уберем светофильтры и откроем диафрагму. Мы воспользуемся мелкозернистой панхроматической эмульсией средней чувствительности. Для получения максимума разрешения объектива при светосиле от $1/8$ до $1/11$ нужны выдержки от $1/10$ до $1/25$ сек; при этих условиях разрешаю-

щая способность лимитируется эмульсией, а не объективом. При полном отверстии было бы обратное явление.

Предпочтительнее, конечно, регулировать экспозицию затвором, но чтобы последний не вызывал вибрации аппарата или по крайней мере вызывал ее лишь после короткой экспозиции, лучше применять достаточно длинный, гибкий спусковой тросик. В случае отсутствия его снимите осторожно крышку с объектива, держа ее перед ним. Выждите несколько секунд, чтобы вибрации заглохли, и осуществляйте экспозицию, быстро открывая и заслоня объектив.

Красивые маленькие изображения лунного серпа, затем Луны в первой четверти и, наконец, полного диска,

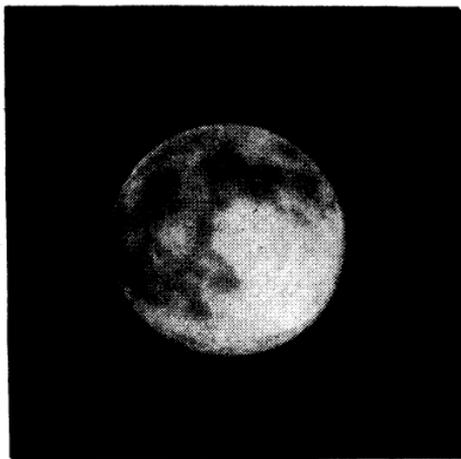


Рис. 6. Полная Луна, сфотографированная аппаратом «Лейка» (типа «ФЭД» или «Зоркий»). Объектив с фокусным расстоянием 135 мм, диафрагма $1/9$; пленка «Микрат», выдержка $1/2$ сек (увеличение $25\times$).

получаемые изо дня в день, позволят составить приятную коллекцию различных фаз нашего спутника. Сильно увеличенные при перепечатках, они позволят тогда различить на Луне больше деталей, чем их можно видеть невооруженным глазом (рис. 6).

При съемке затмения Луны, работая с неподвижной камерой и с экспозициями через каждые три минуты, можно будет, как и для Солнца, сохранить поучительный сувенир его последовательных фаз. Будет заметно также, что в течение полной фазы яркость лунного диска, погруженного в земную тень, слишком мала для моментальной съемки. Его надо экспонировать примерно в 10 000 раз дольше, чем полную Луну.

5. Фотографирование звезд, планет и метеоров

За исключением самых ярких, звезды, конечно, не могут быть зарегистрированы без сколько-нибудь длительной выдержки. Поэтому получить их точечные изображения неподвижной камерой невозможно. Ну что же! Если звезды перемещаются, то пусть себе перемещаются, а мы все же направим свой аппарат на них в хорошую безлунную ночь, конечно, с полным отверстием и с самой чувствительной эмульсией.

Через несколько минут экспонирования, например, через 5 или 10, проявим наш шедевр.

Изучение негатива при помощи хорошей лупы покажет нам, что много звезд оставили все же свои следы в виде маленьких нитеобразных черточек, тем более тонких, чем их свет был слабее.

Конечно, мы не можем надеяться зарегистрировать их столько, сколько могли бы, если бы наш аппарат следовал за их движением, позволяя их свету аккумуляроваться в одних и тех же точках светочувствительного слоя. Тем не менее их крохотное изображение оставалось достаточное время на каждом светочувствительном зерне, чтобы оно могло проявиться, и так мало-помалу образовать весь наблюдаемый след звезды.

Легко заметить, что звезды, близкие к небесному полюсу, перемещаются гораздо медленнее, чем звезды, расположенные у экватора. Как следствие, при прочих

равных условиях мы сможем зарегистрировать таким способом звезды, тем более слабые, чем ближе к окрестностям небесного полюса мы направим наш аппарат.

Обратимся же к нашему аппарату, направим его на Полярную звезду и проэкспонируем четверть часа или полчаса. Негатив отобразит тогда нам величественное

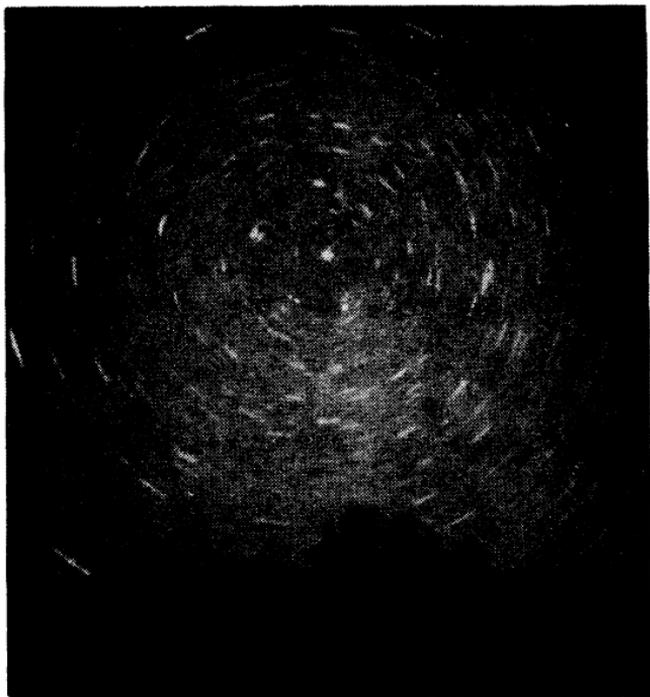


Рис. 7. Вращение неба, зарегистрированное неподвижным аппаратом. Область северного полюса мира; яркая звезда, очень близкая к центру вращения, — Полярная.

движение небесной сферы вокруг ее оси. За время экспозиции все звезды описали идеально правильную дугу окружности с радиусом, в точности пропорциональным их расстоянию от небесного полюса (рис. 7). Совсем близко к нему Полярная оставила большое пятно, едва вытянутое. Мы ясно видим на таком негативе, что эта звезда находится не в самом полюсе, а на некотором расстоянии — около градуса (около 1 мм на пленке, если применялся объектив с фокусным расстоянием 50 мм). Если наш аппарат достаточно мощен, мы легко

увидим в лупу несколько очень коротких следов телескопических звезд, еще более близких к полюсу.

Отпечатав с этого негатива увеличенный диапозитив на стекле, получим великолепную иллюстрацию для демонстрирования на лекции по астрономии.

Что касается более коротких экспозиций, которые можно сделать в других областях неба (рис. 8), то,



Рис. 8. Созвездие Ориона, сфотографированное неподвижным аппаратом (ср. с фотографией V на вклейке).

отмечая начало (или конец) каждого следа на увеличенных отпечатках, можно составить полезные карты созвездий, содержащие все звезды, видимые невооруженным глазом и даже более слабые.

В процессе такого фотографирования вам, может быть, выпадет случай зарегистрировать полет яркой падающей звезды (болида), путь которой впоследствии можно будет установить с большей точностью по вашему снимку, если вы предусмотрительно отметили точно момент его появления, а также начала и конца экспо-

зиции (рис. 9). Хорошим средством для облегчения изготовления звездных карт является прерывание экспозиции на одну-две минуты, например после первой минуты



Рис. 9. Яркий метеор (маленькая поперечная черточка). Сфотографирован камерой «Роллейфлекс» 6×6 , $f/D = 1/3,6$, выдержка 4 часа, пленка Кодака «Плюс X», 29 августа 1951 г. в Боссоне (высота 1000 м). Длинный след оставлен Юпитером.

экспозиции. Каждому звездному следу, таким образом, предшествует почти точечное изображение, которое легко отметить, и тогда ориентировка снимка определяется без труда. Полезно начинать с хорошо знакомого созвездия, которое легко узнать, например, с Большой Медведицы или Ориона.

Напомним, между прочим, что для того чтобы видеть изображение неба таким, какое оно есть, негатив

надо рассматривать со стороны стекла, т. е. стеклом повернутым к себе, и что при печатании позитивов стекло опять должно быть обращено к источнику света, а желатина к светочувствительной бумаге.

В процессе изготовления таких карт вы случайно можете встретить ту или другую яркую планету: Венеру, Марс, Юпитер (рис. 9) или Сатурн, если они окажутся в фотографируемой области. Сравнение двух или более снимков одной и той же области, сделанных с промежутком в несколько дней или недель, судя по обстоятельствам, поможет вам легко проследить их медленное перемещение по звездному полю и особенности этого движения — стояния и попятные движения.

Если в виде особого исключения появится большая комета, подобная тем, какие осчастливили одна за другой в 1947—1948 гг. наблюдателей южного неба, вы сможете получить прекрасное изображение при помощи объектива с наибольшей возможной светосилой $1/3,5$ или, лучше, $1/2,8$ или $1/2$ и с достаточно короткой выдержкой (не более 20—30 секунд), чтобы избежать значительной вытянутости звезд (см. фото I на вклейке).

Прежде чем закончить этот краткий и неполный обзор возможностей, предоставляемых неподвижным аппаратом, нужно предупредить против опасности запотевания объектива: очень часто в течение сырых ночей весь аппарат покрывается пленкой из крохотных капелек, делающих объектив похожим на неполированное стекло, что, конечно, разрушает надежду получить прекрасный снимок! Поэтому при экспозиции некоторой длительности необходимо поддерживать весь аппарат при температуре, слегка повышенной относительно «температуры точки росы». Действенным средством является помещение под аппарат слабого электроподогревателя. Восходящие от него потоки теплого воздуха предохранят установку от запотевания.

Можно также надеть на объектив круглую насадку (противоросник) в виде трубки из промокательной зачерненной бумаги. Но ее длина не должна быть слишком велика, чтобы она не срезала углы поля зрения аппарата. Простой чертеж даст указание на ее требуемые размеры и в случае надобности вы сможете в этом убедиться, последовательно помещая глаз в плоскости пластинки в углах и проверяя, что насадка не видна.

АППАРАТЫ НА ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

6. Принцип экваториала

Мы уже говорили, что для получения фотографии звезд, показывающей их в форме точек, а не в виде следов, необходимо следовать за их видимым движением по небу, поддерживая аппарат постоянно направленным в точности на фотографируемый участок.

Поскольку видимое движение звезд по небу вызвано вращением Земли вокруг своей оси, то для слежения за фотографируемым участком нужно, очевидно, поворачивать аппарат вокруг оси, параллельной земной оси, с такой же скоростью, но в противоположном направлении. Это и есть принцип *экваториальной установки*.

Нужно, таким образом, либо приспособить для этого вашу азимутальную установку (панорамную головку), либо построить маленький, простой экваториал. Это не трудно сделать.

В принципе достаточно наклонить к горизонту азимутальную ось на угол, равный географической широте того места, где вы хотите фотографировать. Надо ее еще установить в плоскости меридиана, направив верхнюю часть оси к северу. Тогда эта ось получает название *часовой оси*. Она позволяет направлять прибор по часовому углу или *прямому восхождению*. Вторая ось позволяет визировать по *склонению*.

7. Осуществление простой экваториальной установки

Если вы располагаете панорамной головкой, ее легко установить экваториально, как показывает рис. 10. Для этого под нее подкладывают деревянный клин с углом, равным широте места; этот угол проверяется транспортиром, или же должно соблюдаться равенство $AB/BC = \operatorname{tg} \varphi$, т. е. $BC = AB$ на широте 45° (например, Крым) и $AB = 1,15BC$ на широте 49° (например, Каменец-Подольский). Таблица тангенсов вам даст точное значение AB/BC для вашей местности, а любой атлас — широту φ с достаточной точностью.

Надо, конечно, следить за тем, чтобы подставка клина (тренога, пень и т. п.) была строго горизонтальна, в чем вы должны убедиться при помощи маленького уровня. Еще лучше поместить на подставку два уровня, расположив их перпендикулярно. Производить установку будет легче, особенно если треногу для фотографирования каждый раз придется выносить. Остается правильно ориентировать треногу по азимуту. С камерой, снабженной короткофокусным объективом с большой светосилой, выдержки никогда не будут длинными, и приближенная установка будет достаточно точна.

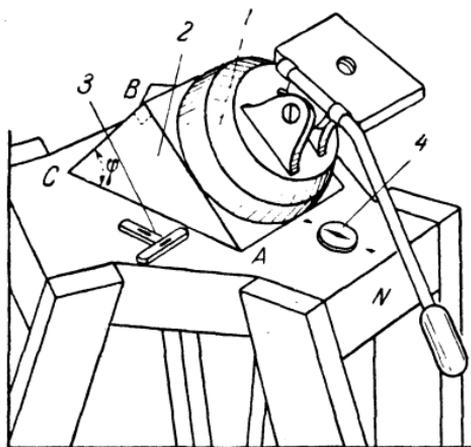


Рис. 10. Экваториальная установка панорамной головки:

1 — панорамная головка, 2 — клин с углом равным широте места φ , 3 — Т-образный уровень, 4 — компас.

Для этого вам предлагается на выбор два способа.

1. Прочертите на платформе (на которой стоит клин) тонкую черту, являющуюся проекцией часовой оси панорамной головки (рис. 10). Поместите на эту черту компас так, чтобы градуировка 0° — 180° (север — юг) проектировалась точно на эту черту. Ваша тренога будет стоять правильно, когда стрелка компаса отклонится на угол, равный магнитному склонению вашей местности. Например, в Ленинграде склонение составляет 10° к востоку. Надо, следовательно, направить синий конец стрелки на 20° к западу от 0° . (Установка не должна содержать вблизи компаса магнитных металлов.)

2. Вы можете также изготовить маленькую алидаду*) из двух индексов, смонтированных на ребре клина BC. Направьте ее на Полярную звезду, как ружье. Ошибка в 1° не будет существенна, поскольку вы не будете фотографировать области, слишком близкие к небесному

*) Круг с делениями.

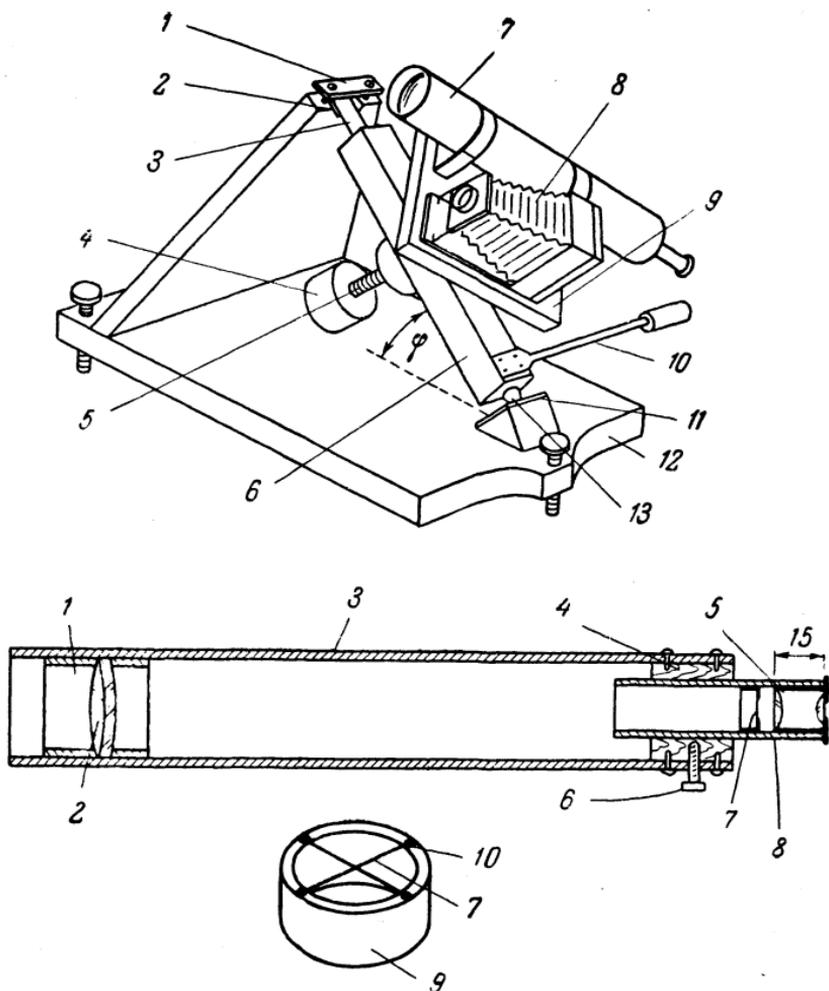


Рис. 11. Конструкция маленького упрощенного экваториала (вверху) и простого гида с сеткой нитей (внизу).

Экваториал: 1 — регулируемый подшипник, 2 — V-образный вырез, 3 — стальная ось винченнная в брус, 4 — противовес, 5 — ось склонения из нарезного прута, 6 — часовая ось из дубового бруска, 7 — телескоп-гид, 8 — фотокамера, 9 — экваториальный стол, навинченный на ось склонения, 10 — длинная рукоятка для вращения по часовому углу, 11 — просверленная пластина, 12 — буковая доска толщиной 20 мм, 13 — конический наконечник. Гид: 1 — прорезанное кольцо для крепления линз, 2 — двойной объектив (f от 30 до 50 см), 3 — труба из картона или бакелита, 4 — деревянная втулка, 5 — двухлинзовый окуляр $f=2$ см, 6 — закрепительный винт, 7 — сетка нитей $\frac{1}{10}$ мм, 8 — маленькая латунная трубка для регулирования установки, 9 — картонная шайба, 10 — капли канифоли.

полюсу. Пользуясь картой, вы можете даже попытаться визировать на место самого полюса.

Применение панорамной головки возможно лишь для малоформатных аппаратов с объективами, имеющими фокусное расстояние не более 10 см. Для камеры от 15 до 20 см вы можете построить маленький и очень простой экваториал по указаниям рис. 11. Это даст повод к последующим усовершенствованиям (см. гл. IV, § 17) и позволит вам построить настоящий «фотографический экваториал» как очень упрощенную модель самых больших современных астрографов.

В частности, он предоставит вам лучшие возможности для уравнивания, допускающие очень плавное вращение, необходимое для точного гидирования по звездам.

Вопрос гидирования является камнем преткновения при конструировании установок такого рода, и мы должны поэтому на нем немного остановиться.

8. Ведущая труба-гид

Для правильного слежения за движением звезд не может быть и речи об использовании визиров обычных фотоаппаратов, даже наилучших. Необходимо установить параллельно аппарату маленький телескоп-гид, объектив которого должен иметь фокусное расстояние значительно большее, чем ваш фотографический объектив.

Если вы располагаете маленькой подзорной трубой или монокуляром от призмного бинокля с увеличением в восемь раз или меньше, то будет нетрудно, как показывает рис. 11, укрепить то или другое при помощи хомутов на доске, жестко связанной с фотографической камерой. В случае малоформатных аппаратов даже лучше укрепить гид на панорамной головке, а аппарат укрепить на гиде. Затем надо поместить перед окуляром гида крест нитей, натянутый на маленьком картонном цилиндре, снабженном четырьмя зарубками, позволяющими натянуть и приклеить тонкие нити толщиной около 0,1 мм (проволоку от телефонной катушки, а при ее отсутствии — волос; см. рис. 11). Надо чтобы нити были видны на фоне неба без их подсветки. Этот цилиндр с сеткой должен быть укреплен при помощи кар-

тонных клиньев, вклеенных в окулярный тубус так, чтобы нити были хорошо видны. Быть может, вы боитесь попортить свою трубу? Тогда вы можете построить по указаниям рис. 11 маленький телескоп, специально предназначенный для употребления, которое мы хотим ему дать. Здесь вашему мастерству предоставлена свобода. Укажем лишь, что можно применять картонные трубки для упаковки товаров и т. п.

В качестве объектива могут подойти простые плоско-выпуклые линзы с фокусным расстоянием от 20 до 50 см, половинка расклеенного объектива, объектив подзорной трубы, купленный по случаю, и т. п. Для окуляра подойдут простые сильные линзы с фокусным расстоянием f_1 от 1 до 3 см, но лучше установить окуляр, состоящий из двух линз, как на рис. 11.

Важно иметь достаточное увеличение, чтобы хорошо видеть такое смещение гидируемой звезды, которое начинает портить фотографическое изображение. Допустим, например, что предельно терпимое смещение изображения звезды на пластинке составляет 0,02 мм (см. § 2). Для камеры с фокусным расстоянием 50 мм это соответствует углу около 1,5 минуты дуги. Чтобы хорошо заметить такой угол на глаз на таком слабосветящемся объекте как звезды, нужно увеличение не меньше чем в 5—10 раз, дающее видимый угол около 8—15 минут дуги. В таблице 4 даются рекомендуемые размеры во всех случаях и минимальное увеличение, которым надо пользоваться. (Напомним, что увеличение численно равно отношению фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра; если $f=20$ см, а $f_1=2$ см, то увеличение G равно десяти.) Всегда полезно пользоваться по возможности более мощным телескопом-гидом, чем указываемые таблицей.

9. Практика гидирования

Для гидирования инструмента выберите в области фотографирования достаточно яркую звезду, наведите гид на нее и расфокусируйте его так, чтобы изображение звезды имело вид маленького светящегося диска, на котором можно различить проекцию нитей. Если нити не видны хорошо на темном фоне неба, их можно намазать радиоактивной фосфоресцирующей краской,

применяемой для стрелок часов, или, лучше, применить специальное приспособление для освещения нитей (см. рис. 18 и 44).

Потренируйтесь в том, чтобы в течение нескольких минут следить за движением звезды, понемногу поворачивая подвижную платформу при помощи как можно более длинной рукоятки, чтобы удерживать звезду точно на маленьком черном крестике сетки.

Для обеспечения точной гидировки необходимо, чтобы под кистью или локтем была прочная опора, без которой быстро наступит онемение руки, и нестерпимая боль вынудит вас прекратить экспозицию.

Когда вы сочтете себя достаточно натренированным в этом «виде спорта», снимите осторожно крышку с объектива и начните гидирование, все время будучи готовым немедленно прервать экспозицию в случае ошибочного движения. Один момент невнимания может испортить все!

Таблица 1а укажет вам максимальное время полезной экспозиции. Однако вначале, особенно если вы не находитесь в условиях полного комфорта, ограничивайтесь экспозициями всего лишь в 5—20 минут, гидируя как можно более тщательно. Уже это позволит получить интересные снимки (см. фото II на вклейке), которые наверняка побудят вас усовершенствовать ваше оборудование и вашу технику.

Таблица 2 укажет вам предельную величину звезд, которые можно зафиксировать при разном времени экспозиции в зависимости от отверстия объектива. Эти значения, конечно, меньше, чем значения из таблицы 1, которая дает предельно достижимые величины.

Во всяком случае, ваши первые опыты с таким простейшим оборудованием не пропадут — известные астрофотографы своими лучшими достижениями обязаны опытам такого рода.

10. Фотографирование звезд

Обладание экваториалом поможет вам заняться с успехом уже значительно более обширной областью наблюдений и в особенности наблюдениями звезд.

а) *Предельная звездная величина.* Данные таблиц 1 и 2 указывают пределы ваших возможностей. Для обыч-

ных аппаратов с отверстием 2—3 см и легко осуществимых экспозиций от 5 до 30 минут предел находится между 10-й и 12-й звездной величиной. Примем за среднее 11. Это означает, что вы уже можете фотографировать звезды в 100 раз менее яркие, чем самые слабые звезды, видимые невооруженным глазом.

Таблица 5 укажет вам среднее число звезд более ярких, чем данная фотографическая величина на квадратный градус в разных областях неба. Она показывает, что в полезном поле $25^\circ \times 36^\circ$ (или $30^\circ \times 30^\circ$), т. е. на 900 кв. градусов, покрываемых снимком в обычных условиях, вы можете зарегистрировать около 5000 звезд в областях, далеких от Млечного Пути, и от 20 до 30 тысяч звезд в звездных облаках самого Млечного Пути.

Отметим, что эта маленькая табличка 5 позволит вам с удобством определить предельную величину, которая получается на ваших снимках. Для этого достаточно подсчитать в лупу все звезды на негативе, содержащиеся в маленьком квадрате, имеющем, например, сторону в один градус (что составляет 0,0175 фокального расстояния объектива), и найденный результат сравнить с таблицей. При этом надо учесть галактическую широту заснятой области (отсчитывая ее, например, по графику в функции экваториальных координат).

б) *Атмосферное поглощение.* Предельные величины, указываемые таблицами, 1, 1а и 2, и данные, выводимые из таблицы 5, верны только при достаточной высоте звезд над горизонтом — не менее 45° . Ближе к горизонту весьма ощутимы эффекты атмосферного поглощения, так как атмосферное поглощение гораздо сильнее в синих и фиолетовых лучах (к которым обычные пластинки наиболее чувствительны), чем в желтых и красных лучах (в области наибольшей чувствительности глаза) (см. фото III на вклейке).

Это поглощение меняется значительно при изменении места и даже ото дня ко дню (даже от момента к моменту) в одном и том же месте в зависимости от состояния атмосферы. Однако для равнин, вдали от городов, можно принять величины таблицы 6, выражающей это поглощение в потере звездной величины на разных высотах для обычной, не очувствленной эмульсии. На панхроматических пластинках потеря будет меньше примерно наполовину.

Так, если вы получаете у зенита предельную величину 10,5, на высоте 30° над горизонтом вы получите не более чем 10,0 и 9,5 на 20° высоты и т. д. Поэтому надо избегать фотографировать на высотах меньших, чем 20 или 30° .

в) *Составление небесного атласа.* Определив экспозицию, нужную для получения на пластинке звезд данной звездной величины, или по крайней мере такой, какую может достигнуть ваше оборудование за экспозицию, ограничиваемую только вашим терпением..., вы сможете предпринять составление фотографического звездного атласа, доходя до десятой, одиннадцатой или двенадцатой величины. Такой атлас будет много точнее, чем все начерченные атласы, которыми вы можете располагать, и будет содержать большее число звезд.

Такое предприятие вполне осуществимо. В самом деле, площадь небесной сферы, видимой в средних широтах, составляет около 30 000 кв. градусов (полная поверхность сферы составляет 41 000 кв. градусов). Объектив, который мы рассматривали, легко покрывает площадь $20^\circ \times 20^\circ$, т. е. 400 кв. градусов на снимке. Очевидно, сотни снимков достаточно для покрытия всего неба, видимого в наших широтах.

В действительности надо учесть, что края снимков бывают хуже, чем центр, и что полезно предусмотреть некоторое перекрытие соседних снимков.

Допустим, что 120 снимков надо получить за один год — период, необходимый для того, чтобы все небо прошло через меридиан. Это составляет 10 снимков в месяц, или, скорее, за 15 дней, поскольку лунные ночи использовать нельзя. Окончательно это составляет по пять снимков в неделю в течение двух недель каждого месяца — это вполне осуществимо. Если экспонировать, например, по получасу, то в хорошую погоду легко получить два-три снимка за вечер. Следовательно, достаточно хорошо использовать в среднем две благоприятные ночи в неделю. При хорошем климате на это можно рассчитывать. В случае нужды некоторые пробелы, которые накопятся за год, можно будет заполнить в следующем году.

Итак, при помощи вашего маленького фотоаппарата, вы можете менее, чем за два года легко составить атлас, содержащий от 500 000 до 1 000 000 звезд!

Снимки надо воспроизводить как негатив (черные звезды на белом фоне) посредством увеличения после контратипирования (см. гл. VII, § 29).

Интересное применение такого атласа состоит в систематическом поиске комет и новых звезд, которые вы можете открыть, внимательно сравнивая два снимка одной и той же области, полученные в разные ночи. Но будьте внимательны к пылинкам и маленьким дефектам слоя! Всякая неуверенность этого рода устранится, если можно фотографировать одновременно одну и ту же область двумя спаренными аппаратами. Сравнение маленьких снимков удобно делать в стереоскоп, в котором все различия привлекают гораздо больше внимания.

г) *Фотографирование комет.* Если вам когда-либо посчастливится увидеть появление на небе кометы, то то же самое простое оборудование позволит вам получить прекрасные фотографии. Необходимо только гидрировать по голове самой кометы, так как комета, вообще говоря, довольно быстро перемещается относительно звезд, которые оставят тогда на снимке маленькие черточки — свои следы.

Если движение кометы не слишком быстро, и ваш аппарат имеет достаточную светосилу (не менее $1/2$), чтобы не было нужды фотографировать несколько минут, вы сможете с таким же успехом гидровать по звездам, если это удобнее.

Такие фотографии показывают хвост кометы гораздо более длинным, чем видно невооруженным глазом.

В общем, при помощи обычных маленьких аппаратов, монтированных на экваториальной установке, можно выполнить почти все наблюдения, доступные специальным инструментам с коротким фокусным расстоянием, но, конечно, с пропорционально уменьшенной эффективностью. Можно справиться также с § 13 (гл. III) и § 18 (гл. IV) для более детального указания на объекты фотографирования и на необходимые при этом предосторожности.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

АСТРОФОТОГРАФИЯ ПРИ ПОМОЩИ
СПЕЦИАЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Как мы видели, интересные результаты могут быть получены посредством обычного фотографического аппарата.

Однако гораздо более широкое поле возможностей открывается обладателю более мощного инструмента, специально предназначенного для использования в астрофотографии и специально приспособленного для определенного назначения. Мы покажем, что постройка таких инструментов может быть осуществлена с небольшими затратами, и надеемся, что первые успехи, полученные с обычными аппаратами, возбудили у читателя желание обзавестись специальными, более мощными аппаратами.

В зависимости от намеченного использования надо сделать камеру одного из трех следующих типов:

1. *Короткофокусные камеры* с большим полем зрения (фокусное расстояние от 10 до 20 см) характеризуются в основном большой светосилой (от $1/1$ до $1/2$) и предназначены для фотографирования в очень мелком масштабе протяженных источников малой яркости: зодиакального света, Млечного Пути, полярных сияний и т. п. (гл. III).

2. *Камеры среднего фокусного расстояния* (от 20 до 100 см и более) с умеренным полем, или маленькие астрографы, характеризующиеся умеренной светосилой (от $1/3$ до $1/10$) и с довольно большим свободным отверстием, предназначенные для фотографирования в более крупном масштабе звезд, комет и туманностей (гл. IV).

3. *Длиннофокусные камеры* (фокусное расстояние от 100 до 200 см и больше) с малым полем, или фотогра-

фический рефрактор, характеризуемый малой светосилой ($1/15—1/20$), предназначенные для фотографирования в крупном масштабе Солнца, Луны и планет (гл. V).

Наконец, для любителя с опытом мы упомянем об использовании фотографических рефлекторов (гл. VI).

ГЛАВА III

КОРОТКОФОКУСНЫЕ КАМЕРЫ

11. Короткофокусные объективы (фокусное расстояние от 10 до 20 см)

Когда основным достоинством объектива является его огромная светосила, приходится довольствоваться умеренным фокусным расстоянием. Существуют объективы, достигающие светосилы $1/1$ даже для фокусных расстояний порядка 10 см. Однако их редкость и высокая цена препятствует их применению. Кроме того, кинообъективы $1/1$ и $1/1,5$ имеют слишком короткие фокусные расстояния.

Поэтому, чтобы получить полезные фокусные расстояния от 10 до 20 см, практически приходится довольствоваться решениями менее совершенными, но зато более доступными. С этой точки зрения уже простой конденсор вашего увеличителя представляет собой приемлемый «объектив». Чаще всего он состоит из двух плоско-выпуклых линз в общей оправе с плоскими поверхностями, обращенными наружу. Расстояние между линзами — порядка $1/3$ фокусного расстояния системы.

Такая система обременена всякого рода *абберациями* на оси (абберациями хроматической и сферической) и вне оси (кома, астигматизм, кривизна поля, дисторсия).

Однако если не выбирать конденсор слишком большим и применять его только к размытым объектам, протяженным, и без тонкой структуры, он все же может быть полезен. Для определенности скажем, что хорошо не превышать диаметра 85 мм (увеличитель для 6×6) для фокусного расстояния около 100 мм ($1/1,2$). Конденсор несколько больший, с фокусным расстоянием от 15 до 20 см, лучше задиафрагмировать до 75 или 100 мм ($1/2$).

12. Монтаж камеры

Камера, для которой предназначен этот случайный объектив, может быть камерой с мехом, у которой изменили переднюю доску так, чтобы она могла иметь нужное отверстие (рис. 12, а). Однако истинный мастер на все руки не задумается построить более подходящую, жесткую камеру, снабженную приспособлением для возможности фокусировать на бесконечность и вставлять обычные кассеты для пластинок $4,5 \times 6$ или $6,5 \times 9$ см (рис. 12, б).

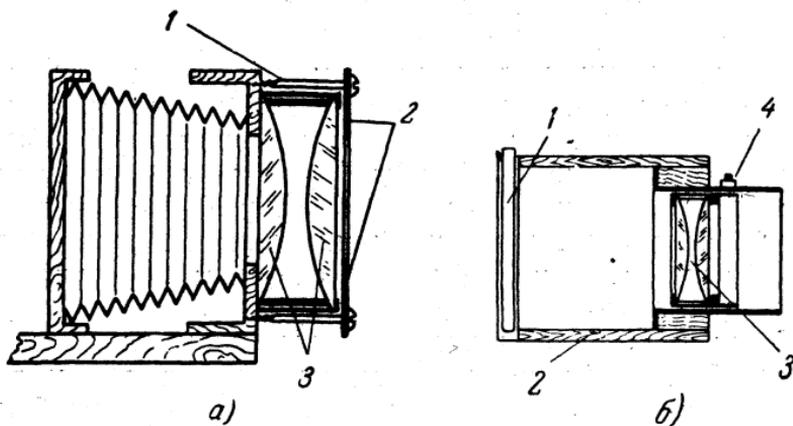


Рис. 12. Монтаж конденсора на короткофокусной камере: а) 1 — три винта, 2 — металлическая диафрагма, 3 — конденсор; б) 1 — паз фанеры для кассеты, 2 — стенка камеры, 3 — конденсор, скользящий в трубке для фокусировки, 4 — стопор.

Отфокусировать камеру надо пробами по звездам, как уже описывалось в § 2, но ввиду сильной сферической аберрации такого объектива она не может быть совершенной. Лучше выбрать плоскость фокусировки, соответствующую фокусу центральных лучей; при этом пятно аберрации краевых лучей очень велико, но не очень ярко. Так можно получить более хорошие изображения слабых звездных объектов.

Для 85-мм конденсора фокусировку надо сделать после предварительного диафрагмирования примерно до 30 мм при помощи крышки из черной бумаги, помещаемой перед наружной поверхностью.

Что касается штатива камеры, то им может быть или простая планшетка на азимутальной подставке, снабженная простейшей визирной трубкой, как показано на



Рис. 13. Простая монтировка короткофокусной камеры для фотографирования зодиакального света на азимутальном штативе с гидирующей трубкой без оптики.

рис. 13, или маленькая экваториальная установка, соответствующая указаниям § 7 и 17.

13. Применение короткофокусных камер

Как мы уже видели, в силу огромности своих аберраций конденсоры позволяют фотографировать лишь очень протяженные объекты, очень слабые и лишенные тонкой структуры, для которых очень большая светосила объектива представляет наибольшее его достоинство.

С этой точки зрения очень интересные результаты можно получить, фотографируя объекты такие, как зодиакальный свет, Млечный Путь, свечение ночного неба,

а при случае и полярные сияния и даже большие кометы, появляющиеся в сумерки. К этому можно добавить земное фотографирование при свете Луны и даже в полной темноте при освещении ночным небом и, наконец, фотографирование светящихся ночных облаков. Все эти

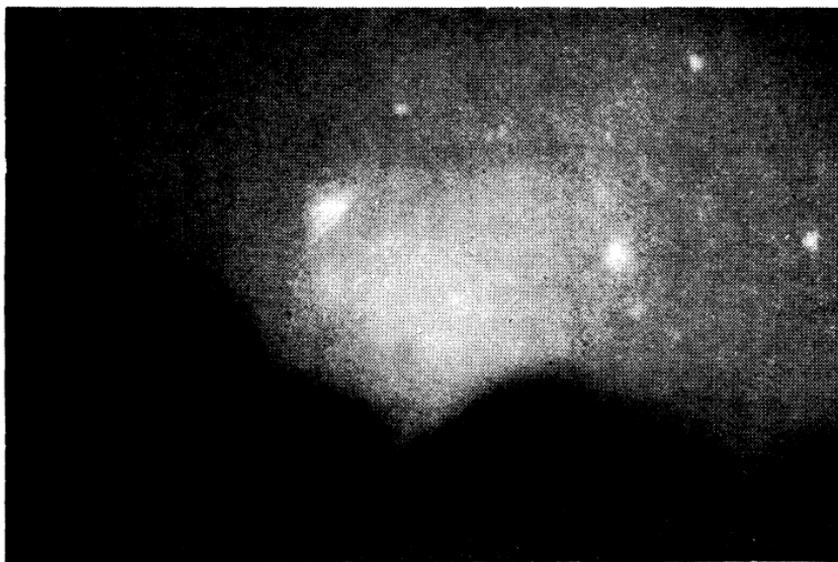


Рис. 14. Зодиакальный свет и созвездие Близнецов. Фотография перед рассветом 29 августа 1936 г. короткофокусной камерой с конденсором (см. рис. 13). Выдержка 10 минут.

попытки имеют смысл лишь вдали от рассеянного света города и нуждаются в исключительно ясном небе.

а) *Фотографирование полярных сияний и зодиакального света.* Конденсоры могут иметь идеальное поле применения для фотографирования полярных сияний и зодиакального света. Их применяют при полном отверстии в комбинации с самой чувствительной панхроматической эмульсией, позволяющей получать прекрасные изображения при выдержках всего лишь в несколько минут (рис. 14). Эта быстрота особенно ценна в случае полярных лучей, формы которых часто меняются очень быстро.

В случае зодиакального света хорошо гидировать в течение экспозиции по звездам, так как мы имеем дело

с взезным объектом, перемещающимся вместе с небесной сферой. Но это необязательно, если выдержка очень коротка, и монтировка, как на рис. 13, часто будет достаточной.

Напомним, что в наших широтах самое благоприятное время для наблюдения зодиакального света — это февраль и март (после сумерек), сентябрь — октябрь (перед рассветом).

Кроме того, яркость зодиакального света бывает больше всего за год или два перед минимумом солнечной активности.

б) *Фотографирование Млечного Пути.* Млечный Путь представляет также очень интересный объект для фотографирования простым конденсором. В этом случае полезно немного задиафрагмировать его, например, до $1/2$ или даже до $1/3$, и фотографировать несколько дольше (около 30 минут), чтобы несколько скомпенсировать абберации и получить более четкие изображения звезд. Остаточные абберации, еще существенные, производят слияние соседних звездных изображений. Они даже лучше выявят звездные группировки и скопления, образующие галактические облака (см. фото IV на вклейке).

Монтируя соответствующим образом один за другим одинаково увеличенные снимки с негативов, полученных последовательно в одинаковых условиях, можно составить фотографическую карту Млечного Пути. Она очень хорошо покажет последовательность звездных облаков нашей Галактики и представит большие возможности для разных исследований и интересных сопоставлений.

ГЛАВА IV

КАМЕРЫ СРЕДНЕГО ФОКУСНОГО РАССТОЯНИЯ

14. Объективы среднего фокусного расстояния (от 20 до 100 см)

На этот раз нам понадобятся звездные изображения наилучшего качества. В фотомагазинах и в комиссионных магазинах продается много объективов, сконструированных для работ профессионалов. Эти объективы ввиду их значительных размеров могут иметь интересные астрономические применения.

Не надо забывать, что никакая комбинация оптики не позволяет полностью и одновременно устранить все аберрации. Остановимся на типах объективов, наиболее подходящих для рассматриваемых работ. «Большие поля», свободные от искажений, в астрофотографии редко достигают 30° . Для этого требуется очень хорошее исправление сферической аберрации на оси. Существуют некоторые комбинации, специально рассчитанные в соответствии с этими требованиями (Астро-Тессар, объектив Росса), но они, к сожалению, слишком редки... Перейдем поэтому к типам более распространенным и более доступным.

Прежние объективы в оправках, покрытых желтым лаком, иногда достигают больших размеров, и ими отнюдь не следует пренебрегать, хотя они не исправлены за внеосевые аберрации так, как исправлены современные системы. Однако качество их выполнения позволяет иногда получать восхитительные изображения на оси. «Ректилинеры» работают при светосилах обычно небольших, порядка $1/10$. «Петцвали», часто называемые портретными объективами, имеют светосилу, обычно заключенную между $1/6,3$ и $1/3$. Исправление сферической аберрации у них может быть идеальным на оси, но заметная кривизна поля позволяет их использовать в астрономии лишь для формата пластинок, указанного в приводимой здесь таблице.

| Отверстие | | Фокусное расстояние (с.м) и светосила | Формат, с.м | Покрываемое поле | |
|-----------|-----|---------------------------------------|-------------------------|------------------|------------------------------------|
| дюймы | м.м | | | м.м | градусы |
| 2 | 50 | 20 ($1/4$) | $4\frac{1}{2} \times 6$ | 40×40 | 12×12 |
| | | 30 ($1/6$) | $6\frac{1}{2} \times 9$ | 50×50 | 10×10 |
| 3 | 76 | 30 ($1/4,5$) | $6\frac{1}{2} \times 9$ | 50×50 | 10×10 |
| 4 | 102 | 30 ($1/3$) | $6\frac{1}{2} \times 9$ | 40×40 | 8×8 |
| | | 50 ($1/5$) | 9×12 | 70×70 | 8×8 |
| 5 | 127 | 50 ($1/5$) | 9×12 | 65×65 | $7\frac{1}{2} \times 7\frac{1}{2}$ |
| | | 70 ($1/5,5$) | 9×12 | 80×80 | $6\frac{1}{2} \times 6\frac{1}{2}$ |
| 6 | 153 | 50 ($1/3,3$) | 9×12 | 60×60 | 7×7 |
| | | 70 ($1/4,5$) | 9×12 | 70×70 | 6×6 |
| | | 100 ($1/6,5$) | 9×12 | 90×90 | 5×5 |

Объективы, называемые «анастигматами»*), имеют очень разные формы. Используются прежние системы из склеенных симметричных менисков («Планар», «Протар», «Дагор», ...), но их не следует специально разыскивать, так как в них часто коррекция на оси или светосила принесены в жертву большому полю, что нас сейчас особенно не интересует.

Наиболее распространенные анастигматы происходят все от триплета Тэйлора (рис. 15). Их светосилы легко

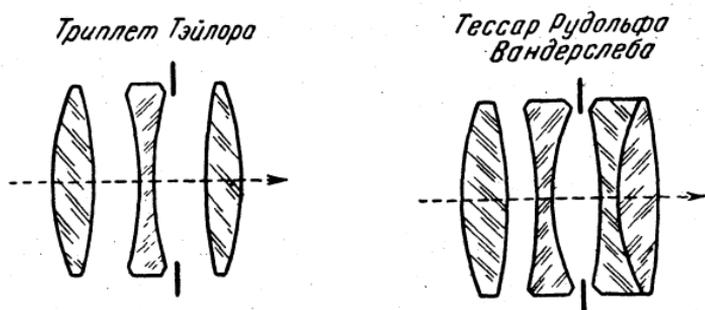


Рис. 15. Разрезы фотографических объективов.

достигают $1/3,5$, но для астрономической фотографии надо предпочесть объективы с меньшей светосилой, равной хотя бы $1/6,3$. Лучший исправленный вариант, используемый до светосилы $1/4,5$, это «Тессар» Рудольфа и Вандерслеба, изготовляемый под разными названиями большинством конструкторов**).

Несмотря на свое название, «анастигматы» не дают совершенного стигматического («точечного») изображения на оси и вне оси в одной и той же плоскости. Они чаще всего устраиваются так, чтобы давать почти одинаково «плохие» изображения как на оси, так и на краю поля. Эти недостатки, мало существенные для самых мелких объективов, становятся очень существенными для анастигматов больших размеров.

Большие прежние триплеты с фокусным расстоянием 1,2 м, предназначенные для авиации, редко имеют

*) Объективы, дающие изображение с наименьшими искажениями.

**). Можно рекомендовать выпускаемые в СССР объективы «Юпитер» и «Гелиос» со светосилами до $1/1,5$ и с фокусными расстояниями до 135 мм, а также менее светосильные «Таир-3» ($1/4,5$, 300 мм) и «МТО-500» ($1/8$, 500 мм) и «МТО-1000» ($1/10$, 1000 мм). (Прим. перев.)

качество достаточно хорошее, чтобы оправдать их очень дорогой монтаж. «Тессары» с фокусным расстоянием 50 см и светосилой $1/6,3$ или $1/5,6$ уже часто годятся для использования. По нашему мнению, оптимум достигается для объективов типа «Тессар» (или «Индустар-51») с фокусным расстоянием 210 мм и светосилой $1/4,5$, предназначенных для камер формата 13×18 см, которые для астрономической фотографии следует использовать с пластинками формата 9×12 см.

Можно получить также хорошие результаты со старыми авиационными объективами, например, «Аэроэктар» Кодака с фокусным расстоянием 178 мм и светосилой $1/2,5$.

15. Выбор объектива

Остаточные дефекты объективов одного и того же типа различаются сильно у разных конструкторов и даже от объектива к объективу одной и той же серии. Разумно исследовать их предварительно на стигматизм, хотя бы на оси, прежде чем приобретать. Это возможно, даже в магазине, если использовать решетку Ронки.

Метод внефокальной решетки, предложенный Фуко и примененный позднее Ронки, состоит в том, что возле квазиточечного изображения светящегося источника, даваемого объективом, помещается грубая решетка, имеющая, например, от 3 до 5 черточек на миллиметр. Черточки должны быть непрозрачны и их ширина должна равняться прозрачным промежуткам между ними. Такую решетку легко изготовить, фотографируя в уменьшенном масштабе ($1/10$) на контрастных репродукционных или диапозитивных пластинках рисунок, сделанный тушью. На квадрате со стороной 10 см чертят линии шириной 1 мм с промежутками в 1 мм.

Источник света должен быть достаточно ярким и маленьким. Настольной лампы, закрытой картоном, в котором сделано отверстие диаметром 1—2 мм, на расстоянии 5—6 м уже достаточно для проверки объектива с фокусным расстоянием 210 мм. В крайнем случае, держа объектив и решетку в руках, можно сделать опыт следующим образом.

Перемещая голову, находят такое положение глаза, при котором источник света виден как яркая звезда. За-

тем помещают объектив между глазом и источником на таком расстоянии, что можно, пользуясь его диафрагмой, видеть его полностью освещенным (изображение источника в этом случае образуется на зрачке глаза). Если поместить теперь решетку между объективом и глазом, очень близко к последнему, как показано на рис. 16,

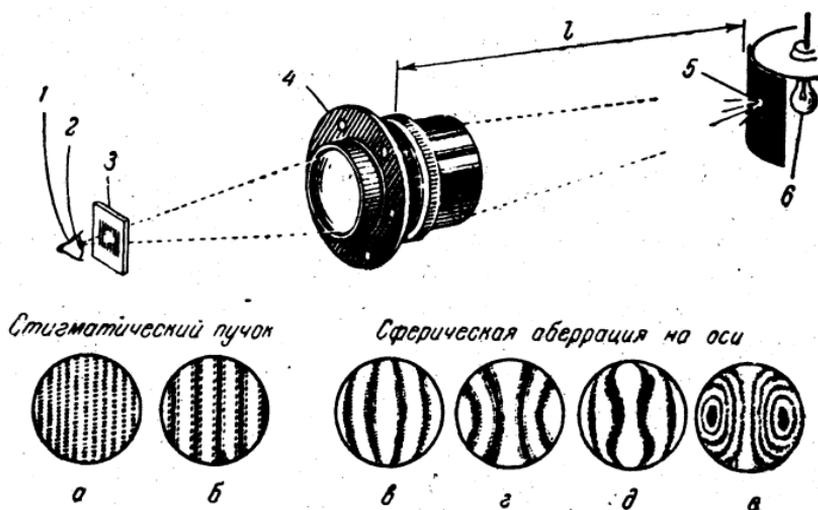


Рис. 16. Исследование объектива методом внефокальной решетки:

1 — глаз, 2 — фокус, 3 — решетка, 5 штрихов на 1 мм; 4 — объектив, 5 — отверстие диаметром 2 мм, 6 — лампа с нитью накаливания; а) полосы расположены очень тесно: сетка слишком далеко от фокуса, б) правильное расстояние, в) aberrация переисправлена, г) недонисправлена, д) зонный эффект, е) простая линза. Расстояние l должно быть не менее 5 м для $f = 210$ мм.

то станут видны темные полосы, соответствующие штрихам, более или менее частые, в зависимости от расстояния решетки от изображения.

Если объектив вполне стигматичен, эти полосы прямые. Опыт будет чувствительнее, если выбрать положение решетки так, чтобы видеть перед объективом четыре или пять полос (рис. 16, а и б). Если существует остаточная сферическая aberrация, полосы искривлены в направлениях противоположных в зависимости от того, помещена ли решетка между объективом и изображением (внутрифокально) или между изображением и глазом (зафокально). Первое расположение предпочтительнее, так как оно позволяет сильнее приближать глаз к изображению и, следовательно, получить более широкие пучки света. При внутрифокальном положении решетки

бочкообразная кривизна (рис. 16, в) означает переисправление сферической аберрации, тогда как *недоисправление* (рис. 16, г) дает полосы, изогнутые к центру. Вообще говоря, объективы рассчитывают так, чтобы привести к совпадению фокусы центральных и краевых лучей при полном отверстии. Следовательно, центральная область недоисправлена, а краевая переисправлена, давая волнообразные полосы (рис. 16, д). Степень погрешности может быть оценена сравнением кривизны головок с расстоянием между ними. Для применений, описываемых здесь, и при решетке с черточками, разделенными промежутками в 0,2 мм, можно считать терпимой кривизну, равную не более чем 0,1—0,2 от промежутков между полосами, что соответствует продольной аберрации максимум в 20—40 микрон в фокусе. Если хроматическая коррекция несовершенна, то полосы окрашены. Обычный большой анастигмат нормально показывает красную полосу. Если мы имеем дело с апохроматом при светосиле $1/10$, то он должен показывать прямые белые и черные полосы. Если констатируется превращение светлых частей в форменный спектр, показывающий цвета красный, зеленый и голубой, то хроматизм исправлен недостаточно.

Это испытание методом Ронки очень удобно также для обнаружения хода лучей в незнакомой комбинации линз или используемой в необычных условиях.

Рис. 16, е показывает одну из более сложных фигур, которую можно наблюдать, испытывая простую линзу.

16. Монтаж камеры

Камеры среднего фокусного расстояния, предназначенные для астрофотографии, требуют для фокусировки на бесконечность перемещения с малой амплитудой. Зато они должны быть крайне жесткими и недеформируемыми. Лучше их изготовить специально. Фанера и тонкие планки позволяют изготовить легкую конструкцию, быть может, не роскошную, но по крайней мере удовлетворительную. На рис. 17 показано устройство такой камеры.

Если объектив находится в оправе с нарезкой, ее можно использовать для фокусировки, если предусмотреть боковой стопорный винт, позволяющий закрепить объектив в найденном положении. Более хорошее решение,

допускающее, кроме того, регулировку перпендикулярности пластинки к оптической оси (см. § 3), состоит в монтировке кассетной доски при помощи трех продольных винтов. Затвор может быть очень простым, как

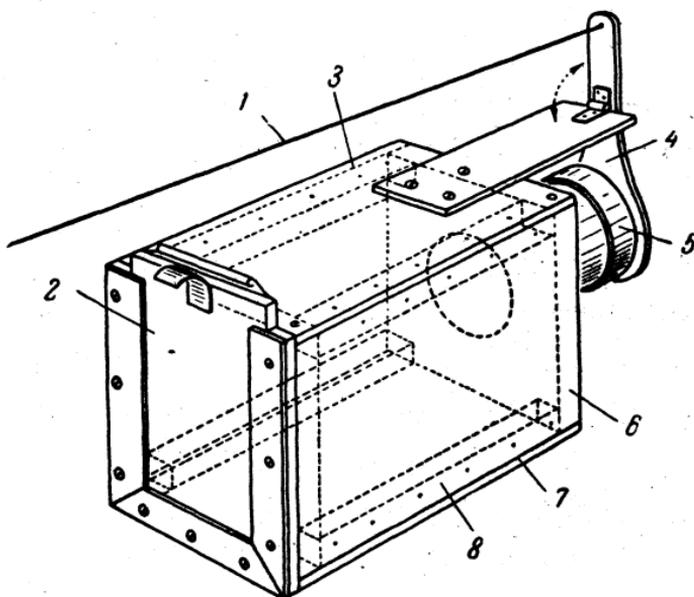


Рис. 17. Конструкция камеры среднего фокусного расстояния:

1—управление затвором от окуляра гида, 2—кассета 9×12 , 3—стенка камеры (доска толщиной 5 мм), 4—захлопывающийся затвор, 5—объектив с нарезкой или простой, 6—дубовая доска толщиной 10–15 мм, 7—стенка камеры 5 мм, 8—внутренние дубовые брусья. Внутренние стенки камеры зачернены.

показывает рисунок, но надо иметь возможность управлять им очень осторожно.

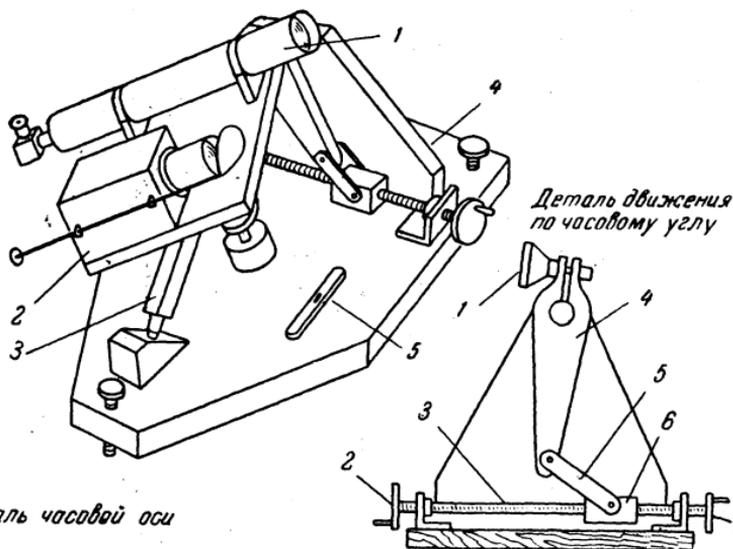
Этот тип камеры пригоден для объективов, имеющих фокусное расстояние до 1 м и даже больше. Что ставит предел применению таких инструментов — это трудности гидирования и солидность, требуемая от экваториальной установки.

17. Установка на экваториале и перемещение его

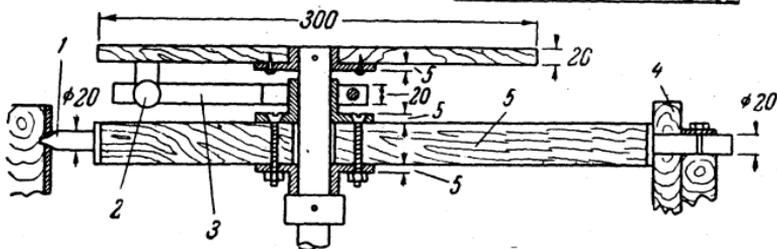
Камеру с большим полем зрения и фокусным расстоянием 21 см, а также телескоп-гид можно установить на маленькой экваториальной установке, сделанной в

основном из дерева (на рис. 18 изображен вариант такой установки). Передвижение можно осуществлять рукой.

Общий вид



Деталь часовой оси



Деталь телескопа-гида

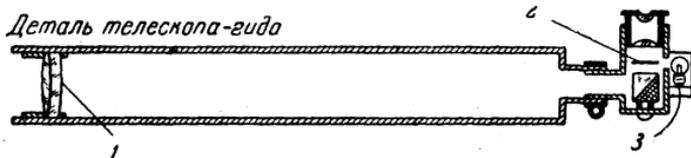


Рис. 18. Осуществление маленького фотографического экваториала.

Общий вид: 1 — труба-гид, 2 — камера для объектива $f=210$ мм, 3 — дубовый брус 50 мм, 4 — толстая доска, 5 — уровень. *Движение по часовому углу:* 1 — зажимной винт, 2 — ручки, 3 — винт с нарезкой, 4 — деревянный поводок толщиной 15 мм, 5 — шарнир передачи, 6 — гайка. *Часовая ось:* 1 — конус (60°), 2 — медленное движение по склонению, 3 — зажим по склонению, 4 — зажим, 5 — дубовый брус 50×50 мм. *Телескоп-гид:* 1 — объектив $D=80$ мм, $f=450$ мм, 2 — крест нитей, натянутый на диафрагме или на призме, 3 — лампочка 3,5 в.

Хороша система с применением редуцирующей передачи — такой, чтобы ручку управления приходилось

поворачивать примерно раз в секунду, но некоторые предпочитают скорости значительно более медленные — порядка одного оборота за минуту (рис. 19).

Труд наблюдателя сильно облегчается, если вращение экваториала осуществляется мотором, который снабжен системой зубчатых колес, уменьшающих скорость. Тогда ему остается лишь контролировать движение при помощи коррекционных винтов, более или менее часто в зависимости от качества монтажа. Мы не можем входить в бесчисленные подробности возможных улучшений последней. Ограничимся несколькими общими указаниями. Часовая ось должна делать один оборот за звездные сутки (23 часа 56 минут 4 секунды) и должна приводиться в движение двигателем равномерного вращения, что делает ненужными некоторые рычажные системы и прямые винты (рис. 18). Прямолинейный винт может перемещать гайку, тянущую стальную ленту, прилегающую к сектору, но для всех малых экваториалов решение проблемы с применением колеса и касательного к нему винта не слишком затруднительно. Винт может быть связан посредством шарнира с механизмом будильника, пружину которого надо заменить барабаном, на который должен наматываться кабель с грузом, приводящим в движение механизм. Будильник дает перемещение посредством маленьких импульсов, достаточно

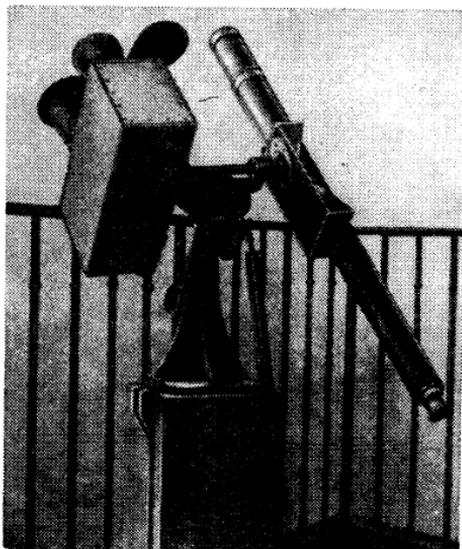


Рис. 19. Маленький фотографический экваториал на литом штативе с двумя спаренными камерами среднего фокусного расстояния, снабженными объективами «Стилор» Руссела с $f = 210$ мм и светосилой $1/4,5$ и «Тессар» Цейсса с $f = 250$ мм и светосилой $1/3,5$. Телескоп-гид $D = 60$ мм (переделанная земная подзорная труба). Винт вращения часового круга управляется от руки.

быстрых и коротких, чтобы изображения звезд получались вполне круглыми при фокусном расстоянии, не превышающем 30 см. Электрические моторы применяются

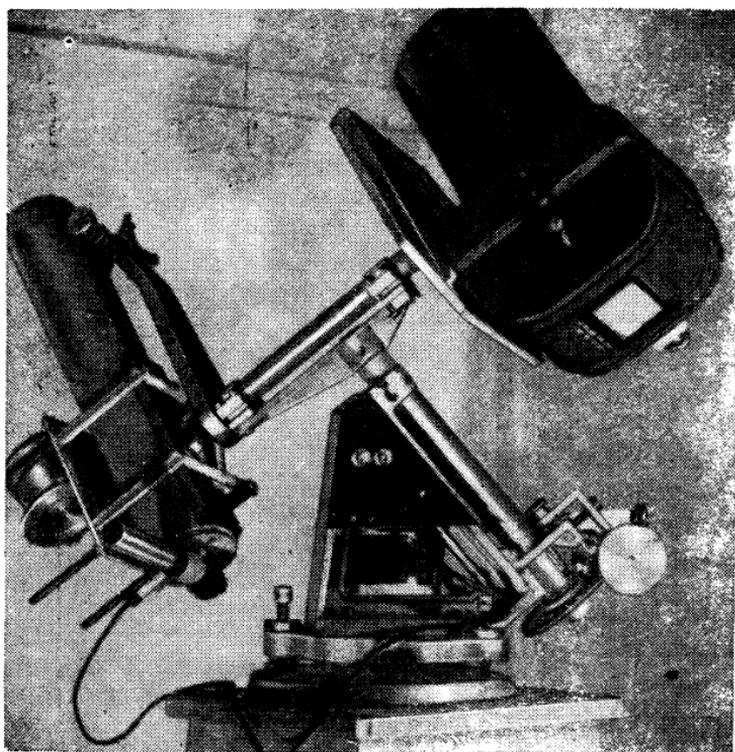


Рис. 20. Маленький фотографический экваториал. Немецкая монтировка рефрактора 108 мм. Вращение синхронным электрическим мотором через редуктор из шестереночной передачи и двух колес с тангенциальным винтом. Фрикционная коррекция по часовому углу. Телескоп-гид $D = 80$ мм, $f = 450$ мм (от старого перископа). Боковой окуляр со светлой сеткой нитей. Противоположный конец оси склонения несет экваториальный столик из дюралюминия толщиной 10 мм. На нем установлена английская авиационная камера (снятая с вооружения). Объектив «Аэро-Эктар» со светосилой $1/2,5$, $f = 178$ мм. Столик достаточен для установки спаренной камеры с двумя такими объективами.

чаще. Можно взять мотор электропроигрывателя с фрикционным регулятором вполне достаточной точности и позволяющим точно устанавливать скорость без необходимости применять специальный редуктор. Многочисленные синхронные микромоторы, снабженные большим

разнообразием редукторов, также дают элегантное решение проблемы. Возможность корректировать движение экваториала по желанию винтом исключает всякий соблазн менять скорость мотора, даже когда последняя регулируема. Нужно ввести между винтом и редуктором фрикционный диск, хорошо регулируемый (рис. 20) или

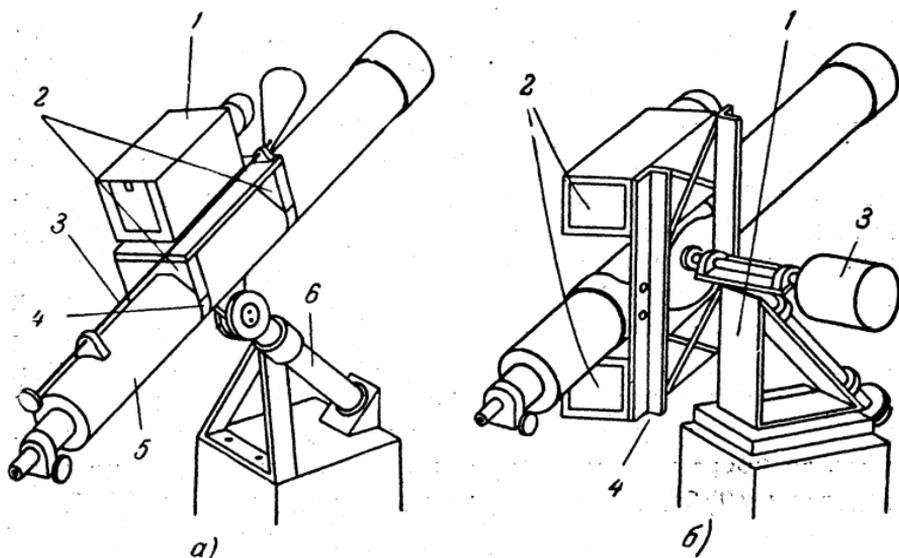


Рис. 21. Монтаж камеры среднего фокусного расстояния на экваториале.

a) Камера 9×12 с фокусным расстоянием 210 мм на 75-мм рефракторе: 1 — камера, 2 — подставка для камеры, имеющая V-образную выемку, 3 — управление вращающимся затвором, 4 — крепящие обручи, 5 — рефрактор, 6 — старая монтировка от подвеса компаса, специально наклоненная. *б)* Камера с фокусным расстоянием 300 мм на 108-мм рефракторе: 1 — немецкая экваториальная установка для рефрактора, 2 — две легкие камеры $f = 300$ мм, 3 — противовес, 4 — дюралевые уголки.

лучше поместить дифференциал, который должен быть очень точен потому, что влияние зубчатых передач на медленный двигатель может быть очень нежелательным, если хотят получить скорость большую, чем скорость суточного движения. Более совершенное решение заключается в помещении дифференциала между двумя быстрыми двигателями, но тогда он сам должен приводиться в действие вторым мотором с переменным направлением вращения, осуществляемым наблюдателем при помощи переключателя. Таким образом, некоторые установки любителя становятся очень совершенными и сложными. Они отражают скорее склонность к механике, чем

к астрономии, и скромные начинающие любители приходят в ужас от мысли, что все это необходимо для получения хороших результатов.

Конечно, если вы уже обладаете экваториалом с визуальным рефрактором с объективом от 70 до 110 мм, превращение его в фотографический экваториал не потребует труда. Будет достаточно монтировать (рис. 21) на тубусе рефрактора подобие деревянной скамейки, привязанной обручами. Существуют вполне готовые обручи, служащие для укрепления огнетушителей, — их можно с успехом использовать. В случае, когда астрограф имеет фокусное расстояние 50 см или больше, монтаж должен быть особенно тщательным и жестким. Не только фотографическая камера не должна иметь возможности смещаться хотя бы чуть-чуть по отношению к гидирующему телескопу во время экспозиции, но в некоторых случаях надо учесть даже гнутие телескопа. Вообще говоря, следует избегать бесполезной перегрузки окулярного конца, а фиксировать камеру по возможности ближе к жестким малодеформирующимся частям или, что еще лучше, крепить ее посредством уголков из алюминия прямо на держателях трубы телескопа, как показано на рис. 21, б.

18. Применение камер со средним фокусным расстоянием

Если не говорить о возможных применениях неподвижных камер, о которых было сказано в первой главе, то камеры с умеренным фокусным расстоянием применяются предпочтительно для фотографирования звезд и звездных скоплений, туманностей и комет. Для таких объектов эти камеры сочетают преимущества относительно большого поля с масштабом, уже достаточным, чтобы отчетливо различать основные детали структуры.

а) *Фотографирование звезд и звездных скоплений.* Рассматриваемые здесь камеры с фокусным расстоянием от 20 до 100 см и $f/D=5$ имеют свободные отверстия от 5 до 15 см диаметром. Они, следовательно, позволяют за один час или больше получать на снимке довольно слабые звезды — до 14, 15 или 16-й звездной величины (см. табл. 1 и 2), тогда как масштаб снимка будет составлять десяток миллиметров на градус. Это будут уже инструменты со значительной проникающей силой, которые

можно будет использовать для многих наблюдений и увлекательных исследований. Мы не можем все их перечислить в этой элементарной книжке; ограничимся упоминанием нескольких наиболее простых.

Первым делом можно, пользуясь наиболее короткими фокусными расстояниями (20—30 см) и наибольшими полями (объективы Тессара), составить весьма богатый звездный атлас (см. фото V на вклейке), для чего в гл. II (§ 10, стр. 30) были даны основные пояснения.

Даже если придется отступить перед задачей получить несколько сотен снимков, необходимых для составления полного атласа, или в ожидании его завершения, можно будет извлечь пользу из каждого снимка, чтобы составить подробные и очень точные карты для отыскания и отождествления звездных скоплений и туманностей, переменных звезд, новых звезд, комет или малых планет.

Располагая необходимыми данными (см. список литературы), легко будет с пользой следить за колебаниями блеска *переменных звезд* разных типов, сравнивая их с соседними звездами известного блеска, которые, таким образом, будут служить *звездами сравнения*. Рис. 22 показывает прекрасный образец звездной переменности, зарегистрированной небольшим астрографом.

Применение фотографии к этим исследованиям делает доступными звезды слишком слабые для того, чтобы их можно было наблюдать визуально с помощью любительских телескопов. Фотография позволит также дополнить визуальные наблюдения, ограниченные лишь яркими переменными звездами, и, таким образом, позволит внести в эти исследования свой вклад, тем более существенный, что фотографический метод менее распространен среди любителей.

Фотографические наблюдения *малых планет* с фотометрической точки зрения также представляют собой поле деятельности, вполне доступное любителям — астрофотографам. Надо только стараться не делать больших выдержек, чтобы смещение астероида было незаметным, и изображение его было бы сравнимо с изображениями звезд.

Звездные скопления, и в особенности *рассеянные скопления*, представляют собой очень интересные объекты для изучения с инструментами, имеющими фокусное

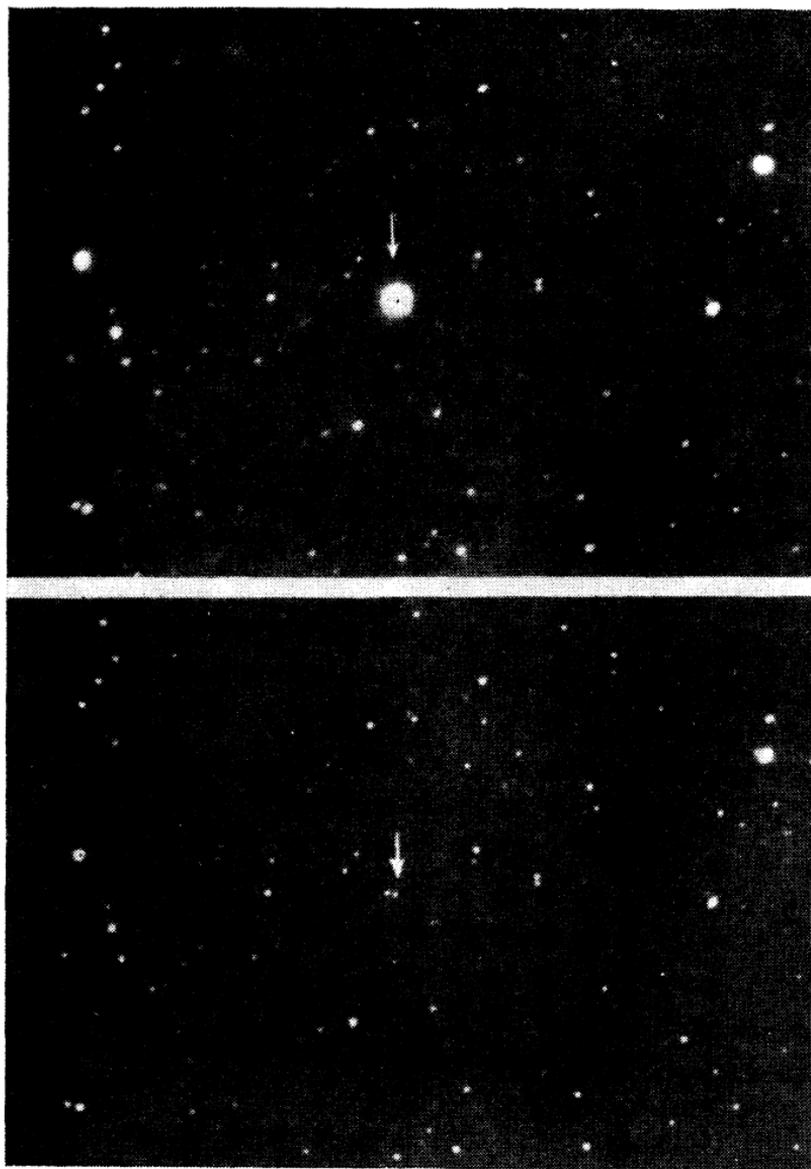


Рис. 22. Изменение блеска Миры Кита, зарегистрированное с помощью камеры с объективом «Тессар» Цейсса, $f = 250$ мм, $1/3,5$; пластинки «Суперфульгур» (снимки Р. и Ф. Вебер). Вверху: 18 окт. 1947 г., выдержка 32 мин., переменная звезда вблизи максимума блеска, внизу: 2 окт. 1945 г., выдержка 35 мин., вблизи минимума блеска.

расстояние от 50 см до 1 м; достаточно большой масштаб здесь необходим для того, чтобы получить подходящее разрешение этих звездных групп на отдельные звезды. На фото VI на вклейке приведены снимки скопления, сфотографированного двумя камерами с различными фокусными расстояниями; они дают представление о том, насколько улучшается разрешение на звезды при большем фокусном расстоянии.

б) *Фотографирование туманностей и комет.* Для фотографирования этих объектов преимущество имеют объективы с большим относительным отверстием — от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{6}$, даже если их полезное поле будет сужено, так как очень редкие кометы имеют значительные угловые размеры.

Для самых короткофокусных объективов только большие туманности дадут интересные изображения, но астрографам с фокусным расстоянием от 50 см до 1 м будет доступно большое число объектов. Область *внегалактических туманностей* практически неограничена, особенно в некоторых районах неба; например, в созвездии Девы можно будет запечатлеть их десятками на одной только пластинке. Чтобы их отождествить, надо будет обратиться к хорошему звездному атласу (см. список литературы) или к специальным каталогам.

Тщательное сравнение снимков, полученных для одной и той же области в удаленные друг от друга моменты времени, может вознаградить прилежного наблюдателя



Рис. 23. Большая туманность Ориона (Мессье 43), сфотографированная объективом Фойхтлендера с отверстием 135 мм (диафрагмированным до 99 мм) и фокусным расстоянием 0,565 м, пластинка «Суперфульгур», выдержка 1 час (увеличение 2,9×). Снимок Ж. де Вокулера, 1938 г.

открытием *сверхновой звезды*. Эти колоссальные звездные взрывы в настоящее время привлекают внимание астрономов. Разумеется, прежде чем объявлять о своем открытии, надо провести необходимую проверку. Использование двух спаренных камер может устранить большинство ошибок.

Фото VII и VIII на вклейках показывают туманность Андромеды, для которой из-за ее больших размеров даже



Рис. 24. Соединение Луны и Плеяд 27 июля 1935 г. Объектив Фойхтлендера (см. подпись к рис. 23). Пластика «Опта», выдержка 1 мин. (увеличение 2,3×). Снимок Ж. де Вокулера.

самые короткофокусные камеры дают интересные изображения.

Число *галактических туманностей* более ограничено, но так как они часто имеют значительные угловые размеры, то даже короткофокусные камеры дают отличные изображения. Фото V на вклейке и рис. 23 показывают примеры полученных с такими инструментами фотографий большой туманности Ориона.

Разумеется, при фотографировании *комет* почти всегда необходимо следить за движением этих светил, принимая ядро кометы за

ведущую звезду. При этом можно получить отчетливое изображение кометы, тогда как звезды оставят на пластинке более или менее длинные следы. Очень редко собственное движение кометы относительно звезд нечувствительно мало, и тогда звезды получаются как обычно — точками (см. фото IX на вклейке). Очень хорошие результаты получаются на обычных (несенсибилизированных) пластинках, так как большая часть излучения кометы приходится на голубые, фиолетовые и ультрафиолетовые лучи.

Последовательные фотографии яркой кометы позволяют успешно проследить за изменениями ее вида день за днем. С другой стороны, сочетав два снимка, получен-

ные один после другого через час или два, можно составить стереоскопическую пару фотографий, которые покажут комету как бы подвешенной в пространстве на более далеком звездном фоне.

в) *Фотографирование пепельного света Луны.* Отметим, наконец, что с камерой среднего фокусного расстояния на экваториальной установке, которая может следить за движением Луны, можно получить чудесные виды серпа и пепельного света Луны. Так как необходимая выдержка (на чувствительных пластинках) должна быть от 30 секунд до 1 минуты при светосиле $1/10$, необходима очень точная гидировка, для чего можно выбрать какую-нибудь четкую деталь серпа, хорошо видимую при большом увеличении гида. Очень красивые фотографии можно получить, когда Луна проецируется на какое-нибудь богатое звездное поле, например, такое, как скопление Плеяды (рис. 24).

ГЛАВА V

ДЛИННОФОКУСНЫЕ КАМЕРЫ

19. Длиннофокусные объективы (фокусное расстояние от 100 до 200 см)

Для этих объективов, предназначенных для фотографических телескопов, большое значение имеют оптические свойства на оптической оси и в непосредственной близости от нее. Комбинации отдельных линз, имеющих значительную толщину, для этих целей неудобны.

Самым скромным объективом, который можно использовать, является простое очковое стекло, лучше всего плоско-выпуклое (выпуклая поверхность должна быть повернута к предмету) с оптической силой от 0,5 диоптрии (фокусное расстояние 2 м) до 0,75 диоптрии (1,33 м). Полезное отверстие будет от 35 до 40 мм; при светосиле от $1/40$ до $1/50$ хроматическая и сферическая аберрации будут мало существенны, однако надо убедиться, что дефекты поверхности не слишком велики (в частности, надо остерегаться «гусиной кожи» стекол, полированных сукном). Мы не советуем пользоваться такими стеклами, однако некоторые терпеливые и умелые

любители получали неплохие результаты с помощью таких примитивных объективов (рис. 25).

Элементы больших объективов из двух пар линз типа «Ректилинеар» могут составить длиннофокусные объективы более совершенные и мощные. Но совершенно должны быть исключены передние линзы объективов типа «Петцваль», так как они не являются исправленными системами. Иногда можно по случаю купить объективы от перископов, которые имеют отверстие 80 мм и фокусное

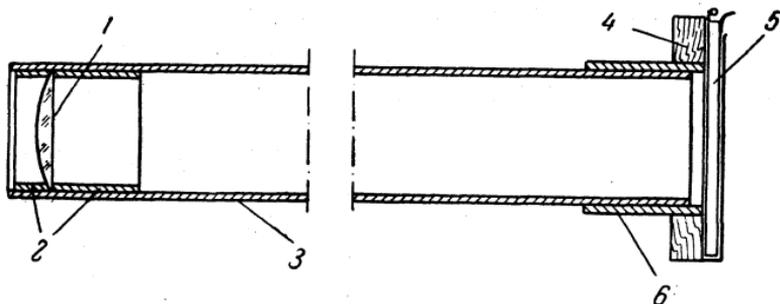


Рис. 25. Конструкция трубы из очковых стекол:

1 — плоско-выпуклое очковое стекло 0,5 или 0,75 диоптрии, 2 — кольца с продольным вырезом, сделанные из куса внешней трубы и помещенные внутри основной трубы, 3 — трубы из просмоленной бумаги или металла, 4 — деревянная просверленная доска с затвором, 5 — кассета, $4\frac{1}{2} \times 6$, 6 — скользящая трубка, несущая кассету.

расстояние от 1,50 м до 2 м; эти объективы, рассчитанные как астрономические дублеты, часто очень хороши для использования в качестве астрографа.

Описанные объективы по своим качествам и своему большому фокусному расстоянию являются объективами обычных астрономических телескопов. Хроматическая коррекция визуальных объективов предусматривает минимальное фокусное расстояние для желтых лучей с длиной волны около 575 мкм, тогда как обыкновенные фотоэмульсии чувствительны к голубой и фиолетовой частям спектра. Это неудобство стало мало существенным, с тех пор как стали широко употреблять орто- и панхроматические пластинки. Однако если продольная хроматическая аберрация объектива оказывается значительной, хорошо искусственно ослабить либо даже устранить вовсе голубые и фиолетовые лучи, поместив непосредственно перед плоскостью изображения плоскопараллельный желтый фильтр, изготовленный с оптической точностью.

20. Монтаж камеры, фотографирующей в фокусе

Превращение визуального рефрактора в фотографический не представляет трудностей: отвинчивают оправу окуляра, свободное отверстие которой обычно не очень велико, и заменяют ее переходной частью, несущей маленькую плоскую фотокамеру. Для фотографирования Солнца камера должна иметь скоростной шторный затвор (с выдержкой меньше $1/100$ секунды). Его надо поместить непосредственно перед фокусом, где он, очевидно, будет значительно нагреваться. Поэтому его надо сделать из очень тонкой пластинки легкого металла, полированного со стороны объектива.

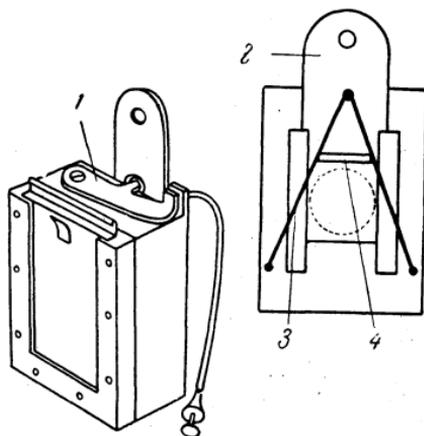


Рис. 26. Простая фокальная камера для фотографирования Солнца:

1 — приспособление («палец») с пружиной для фиксирования заслонки затвора, 2 — листовая сталь $2/10$ дюйма, 3 — натянутая резина, 4 — щель затвора (ширина 1 мм).

Вполне пригодна тонкая незакаленная листовая сталь толщиной в 0,2 мм или полированный алюминий толщиной в 0,5 мм. На рис. 26 дано представление об устройстве подобной камеры, которую легко по-

строить, причем ее детали могут значительно меняться в зависимости от имеющихся под рукой материалов.

Для фотографирования Луны и планет можно в крайнем случае обойтись самой примитивной картонной камерой или легкой кассетой, прочно держащейся на трении на окулярном тубусе трубы. Но будет лучше использовать небольшую камеру со шторным затвором (например, типа Торнтон—Пикара), которая годится с небольшой переделкой и позволит использовать моментальные выдержки от $1/10$ до $1/50$ секунды, так же как и произвольную выдержку (рис. 27). Простого искателя, соединенного с трубой, будет достаточно, чтобы изображение выбранного объекта оказалось в центре пластинки.

Однако если вы хотите делать выдержки больше секунды и даже более короткие, надо выбирать мгновения,

когда атмосферное дрожание меньше всего, и следить за изображением с помощью более мощного инструмента, по меньшей мере такого, как сама фотографическая труба. Использование второго телескопа обошлось бы дорого.

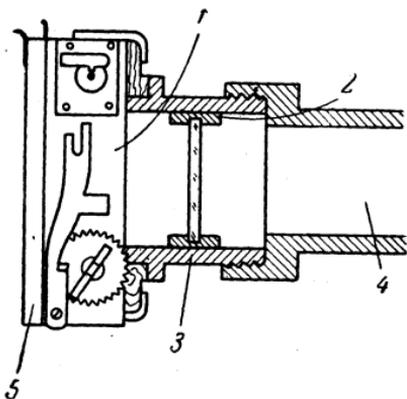


Рис. 27. Простая фокальная камера для фотографирования Луны:

1 — затвор Торнтон-Пикара с мягким фотографическим спуском, 2 — держатель для светофильтра (если нужен), 3 — переходная часть, 4 — окулярный конец трубы, 5 — паз для кассет $4\frac{1}{2} \times 6$ или $6\frac{1}{2} \times 9$.

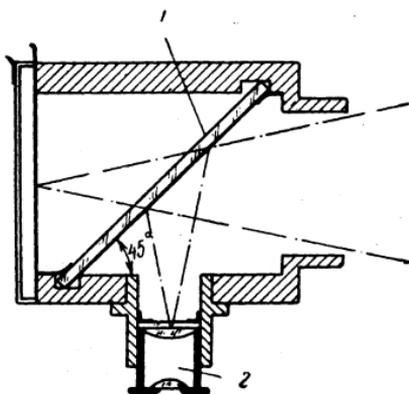


Рис. 28. Простая зеркальная камера для фотографирования планет:

1 — плоскопараллельная пластинка, заднюю поверхность которой желательно сделать не отражающей свет, 2 — боковой окуляр для контроля.

Выгодно для этой цели использовать тот же фотографический объектив, поместив перед кассетой под углом в 45° (рис. 28) плоскопараллельную стеклянную пластинку, которая отразит достаточно света, чтобы можно было следить за гидировкой и качеством изображения.

21. Монтаж внефокальной увеличительной камеры

Не представляет больших трудностей получить в фокусе астрономического объектива фотографию столь яркого светила, как Солнце или Луна с достаточной четкостью (0,1 мм). Надо только позаботиться об устойчивости установки и о плавности действия штормного затвора.

Но в действительности хороший астрономический объектив со светосилой $\frac{1}{15}$ способен давать гораздо более мелкие детали порядка 0,01 мм. Для того чтобы по-

лучить такие детали на фотографии, надо увеличить фокальное изображение в такой степени, чтобы линейное разрешение в плоскости изображения сравнялось бы с более ограниченной разрешающей способностью эмульсии*). Для этого используют некоторую промежуточную оптику, играющую роль увеличителя; инструмент в целом не слишком усложняется, однако при прохождении

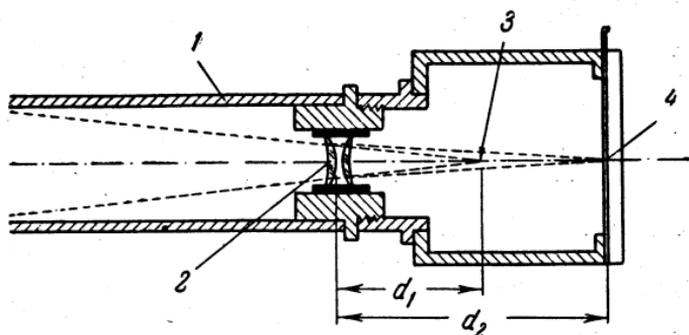


Рис. 29. Внефокальная камера с отрицательным увеличением:

1 — окулярный конец трубы, 2 — отрицательная линза, 3 — фокус основного объектива, 4 — окончательное положение изображения.
Увеличение изображения $G = d_2/d_1$.

через увеличительную систему происходит некоторая потеря света, поэтому такая система должна быть как можно более простой.

Можно предложить ряд решений. Например, можно удлинить конус лучей, поставив неподалеку от фокуса рассеивающую линзу (рис. 29), которой может служить задняя линза телеобъектива. Результат зависит от того, удастся ли случайно достать рассеивающую линзу, рассчитанную на ход лучей, и на увеличение, достаточно близко к используемым и не требующим исправления значительной аберрации, которая допускается в передней линзе телеобъектива. Несмотря на эти оговорки, этот способ хорош для небольших увеличений (от 2 до 3 раз). Близость фокуса позволяет использовать в некоторых случаях простую плоско-вогнутую линзу

*) См. гл. VI, § 26 о возможностях использования эмульсий с высокой разрешающей способностью.

(причем плоская сторона должна быть обращена к объективу).

Другое простое решение, часто применяемое любителями, заключается в установке камеры за окуляром

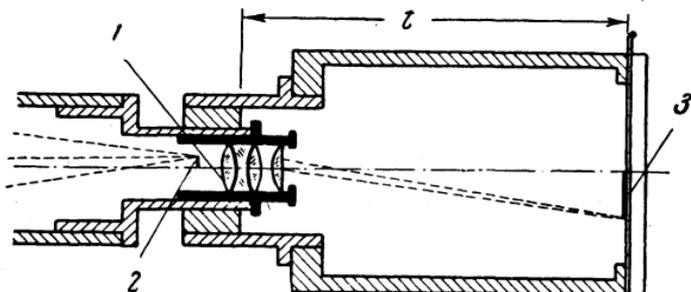


Рис. 30. Внефокальная камера с положительным увеличением:

1 — ортоскопический окуляр, 2 — фокальное изображение, 3 — увеличенное изображение. $G = \frac{t}{f_1} - 1$ (f_1 — фокусное расстояние окуляра, t — размеры камеры).

телескопа, который сам играет роль увеличителя (рис. 30). Размеры камеры и фокусное расстояние

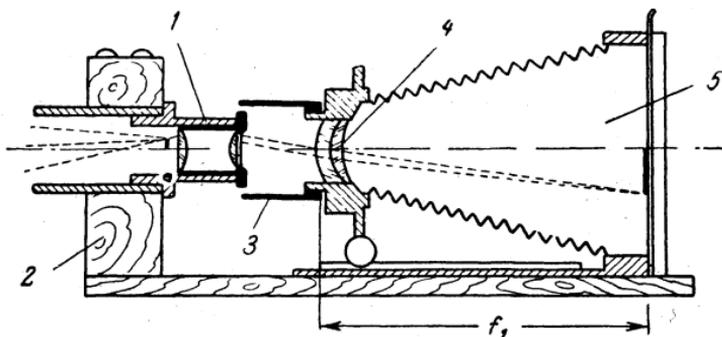


Рис. 31. Внефокальная камера с внефокальным увеличителем:

1 — окуляр Кельнера, дающий параллельный пучок лучей, 2 — деревянное кольцо для крепления фотоаппарата, 3 — защита от света, 4 — половина двойного анастигмата (например, «Дагор»), 5 — камера, отфокусированная на бесконечность, $G = f/f_1$ (f — фокусное расстояние объектива камеры).

окуляра определяют увеличение изображения, которое может достигать 30, 40 раз и даже больше, если речь идет о фотографировании деталей солнечной поверхности,

всегда очень ярких. Даже в случае Луны мы советуем брать увеличение не меньше 8—10 раз, чтобы окуляр не работал в слишком ненормальных условиях. Хорошо

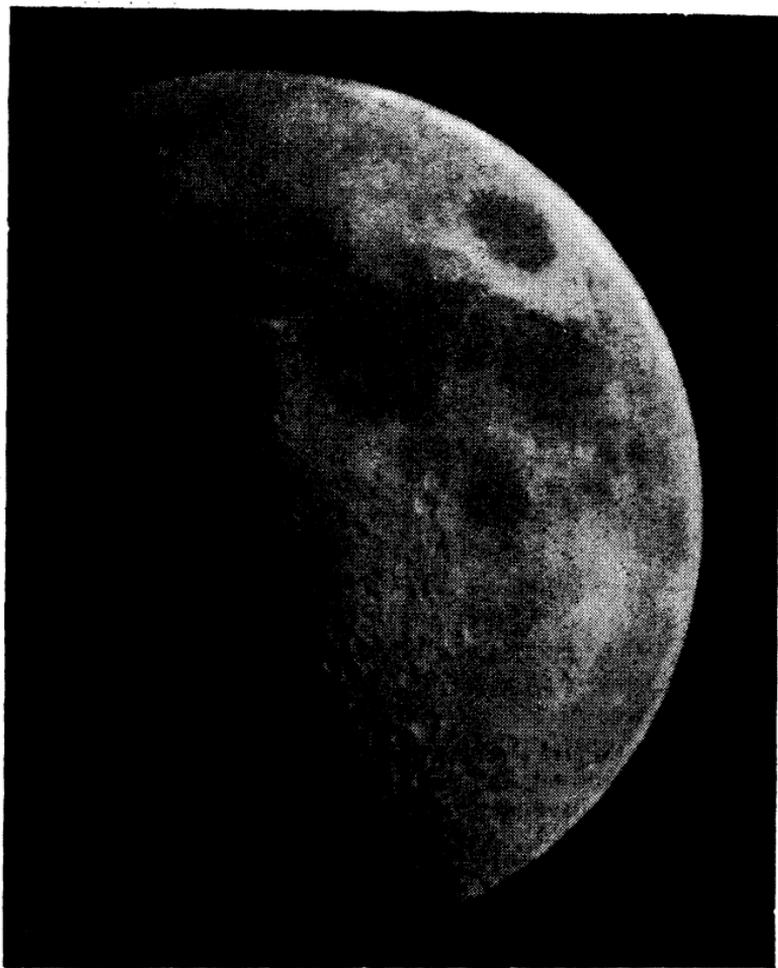


Рис. 32. Луна в первой четверти 17 июня 1945 г., сфотографирована телескопом, изображенным на рис. 33, с первичным увеличением $2,9\times$. Пленка «Супер XX», желтый и зеленый фильтры, выдержка 6 сек (увеличение $7\times$). Снимок Фора-Жеорса.

использовать для этого исправленные ортоскопические окуляры, как, например, Миттенцвейя—Аббе, которые изготовляются большинством фирм, окуляры Кельнера и др.,

которые имеются в большинстве военных зрительных труб; их можно раздобыть по случаю.

Если не стремиться к увеличению, большему двух или трех раз, то предпочтительно прибегнуть к установ-

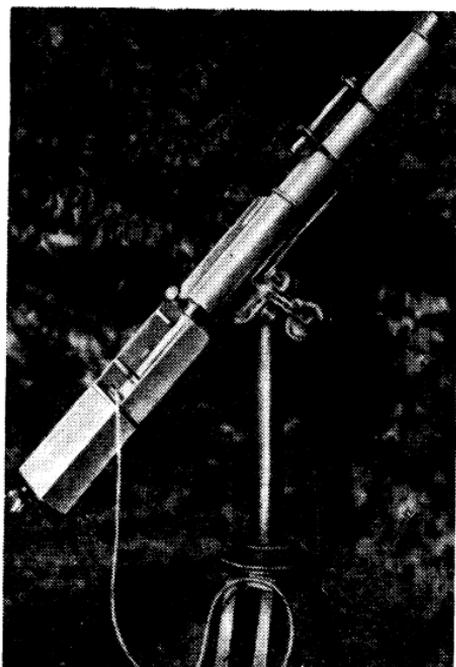


Рис. 33. Визуальный телескоп, объектив диаметром 60 мм, снабженный афокальной увеличительной камерой для фотографирования Луны и планет. Экваториальная монтировка, изготовленная из двух велосипедных втулок. Ведение трубы синхронным электрическим мотором, винтом и сектором. Сделано Фором-Жеорсом в Буа-Коломб.

апланата или анастигмата («Планар», «Протар», «Датор») является вполне подходящим. Если требуется еще желтый фильтр (в случае использования визуального рефрактора!), то хорошо приклеить его канадским бальзамом к плоской поверхности одной из линз окуляра, чтобы не увеличивать потери света.

ке более правильной, хотя и связанной с большей потерей света. Так, например, можно смонтировать на трубе, снабженной *нормальным* окуляром, обычный фотоаппарат с объективом, отфокусированным на бесконечность (рис. 31). Труба регулируется как для непосредственных наблюдений с афокальной системой, т. е. выходной зрачок (окулярный кружок) дает пучок параллельных лучей. Окончательная регулировка (по матовому стеклу или последовательными пробами) делается с помощью фокусирующего устройства трубы (кремальеры), которое хорошо было бы снабдить каким-нибудь приспособлением для закрепления ее в нужном положении. Объектив прибора должен иметь минимум поверхностей раздела «стекло — воздух»; передний элемент двойного объектива —

Рис. 32 показывает отличный результат, которого можно достигнуть основанной на этом принципе установкой (рис. 33).

22. Применение длиннофокусных камер

Как уже было сказано, длиннофокусные камеры, которые мы здесь рассмотрим, предназначены для получения детальных снимков крупного масштаба Солнца, Луны или планеты.

а) *Фотографирование Солнца.* Несмотря на малую светосилу длиннофокусных камер, Солнце дает все же огромный поток света, требующий применения исключительно коротких выдержек, порядка тысячной доли секунды. Мы уже указывали (рис. 26) на принцип использования шторного затвора с металлической шторкой, который позволяет добиться таких малых выдержек необходимым подбором упругости пружин или резиновых растяжек.

Обычно употребляют мелкозернистую малочувствительную эмульсию с большим коэффициентом контрастности γ (диапозитивные, микрат и т. п.), и используют контрастный проявитель (см. гл. VII, § 27), доводя проявление до γ , равной бесконечности *).

В самом деле, скрытое изображение, получаемое при интенсивном освещении, в большей части сосредоточено внутри зерен и надо долго проявлять, чтобы его выявить. В принципе не надо рассчитывать на то, что укорочение времени проявления может компенсировать избыток времени фотографирования, выдержку надо сделать более точной. В случае надобности можно устранить легкую вуаль фона, вызванную проявлением, кратковременным погружением негатива в такой ослабитель (гл. VII, § 28), который сохранит изображения очень прозрачными и достаточно контрастными. Некоторые любители находят преимущество в таком способе и систематически перепроявляют снимки, чтобы после этого их ослабить, пока не возрастет контраст изображения.

Полученные таким образом изображения могут хорошо выявить потемнение к краю солнечного диска,

*) Для выявления деталей солнечных пятен выбирают, однако, репродукционные пластинки с умеренным контрастом.

факелы и пятна и позволят удобно следить день за днем за их смещением и изменениями. Изображения Солнца, полученные в фокусе инструментов от одного до двух метров фокусного расстояния, будут иметь диаметр от 1 до 2 см; необходимо их сильно увеличить, чтобы выделить интересующие вас детали. Мелкозернистые эмульсии

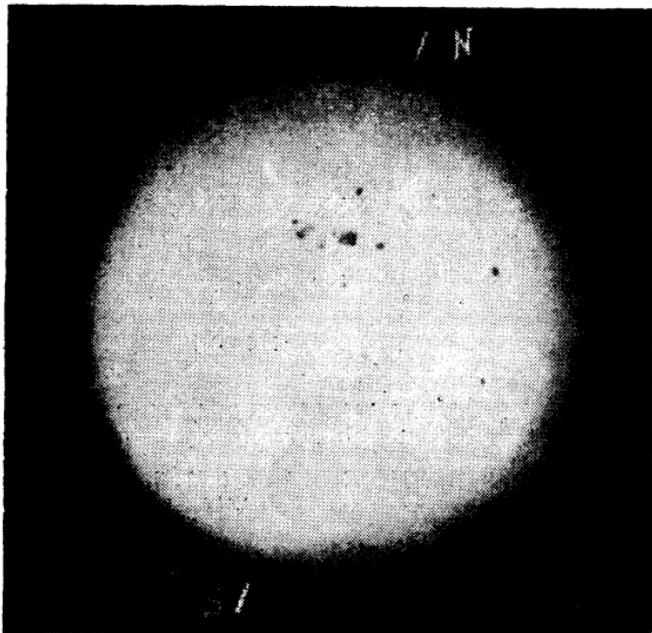


Рис. 34. Солнечный диск, сфотографированный 19 февраля 1950 г. телескопом с объективом диаметром 50 мм и фокусным расстоянием 0,63 м, с афокальным увеличением ($G = 8\times$); пластинка «Графобром», желтый фильтр, выдержка 1/100 сек. Оригинальный масштаб. Снимок Ж. и Р. Поррэ.

легко выдерживают увеличение в 10 раз, что даст очень хорошие отпечатки (рис. 34), годные даже для измерений гораздо более точных, чем те, которые можно было бы сделать визуально с тем же инструментом. В приводимой библиографии можно найти данные, необходимые для ориентировки и измерения таких снимков.

Сочетая два снимка, полученные в один и тот же день с интервалом в несколько часов, можно составить стереоскопические пары, которые хорошо выявят округлость

солнечного шара. Во время солнечных затмений также с успехом могут быть получены снимки, показывающие весь диск Солнца. Взяв два снимка, снятые с интервалом в несколько минут, можно составить стереоскопическую картину, показывающую черный диск Луны, проецирующийся в пространстве перед Солнцем.



Рис. 35. Большое солнечное пятно, сфотографированное 9 марта 1947 г. с помощью телескопа с объективом диаметром 102 мм и афокальным увеличением $G = 140\times$; пластинка «Графобром», увеличением $5\times$ (диаметр Солнца 1,25 м). Снимок Ж. и Р. Поррэ.

Снимки, полученные с внефокальным увеличителем, годятся для регистрации деталей групп солнечных пятен (рис. 35) и в благоприятных случаях могут позволить увидеть даже грануляцию фотосферы («зерна риса»), если отверстие объектива достаточно (не меньше 80 мм). Выдержка, естественно, зависит от принятого увеличения; она будет, например, порядка $1/50$ секунды при увеличении в 10 раз. Однако точную выдержку в каждом случае можно получить только путем проб.

б) *Фотографирование Луны.* Для рассмотренных инструментов фокальное изображение Луны, как и Солнца, имеет размер 1—2 см. Надо использовать мелкозернистые сорта эмульсии, ортохроматические, с умеренной



Рис. 36. Полная Луна, сфотографированная визуальным телескопом с объективом диаметром 75 мм и фокусным расстоянием 1,05 м, пластинка «Фульгур», выдержка около 1/4 сек (увеличение около 5 раз). Снимок Ж. де Вокулера 1934 г.

чувствительностью, в соединении с желтым фильтром, если объектив предназначен для визуальных наблюдений. В этих условиях можно получить хорошие изображения полной Луны при выдержке порядка $\frac{1}{25}$ секунды и порядка $\frac{1}{10}$ секунды для Луны в первой четверти (в каждом отдельном случае выдержку надо определить пробами). Часто можно удовлетвориться, производя выдержку с помощью крышки на объективе или заслонкой, которую очень быстро двигают от руки (надо только дождаться прекращения вибраций, прежде чем открыть объектив). На рис. 36 приведено изображение полной Луны, полученное с по-

мощью примитивной кассеты, сделанной так, как это было указано в § 20 (см. также рис. 27).

Однако этот процесс влечет за собой некоторый лишний расход пластинок. Его не стоит рекомендовать вследствие дифракции на входном зрачке, которая в этом случае мгновенно и неправильно меняется; лучше пользоваться камерой со шторным фокальным затвором, при этом очень важно быть уверенным, что начало действия затвора не вызовет вибрации трубы, так как необходимо обеспечить стабильность камеры с точностью до нескольких сотых долей миллиметра.

С другой стороны, для неподвижного инструмента продолжительность выдержки ограничивается *суточным*

вращением, которое смещает изображение Луны примерно на $15''$ в секунду времени, что соответствует $0,08$ мм на пластинке при фокусном расстоянии объектива, равном 1 м, и $0,16$ мм при $f = 2$ м. Таким образом, если мы хотим получить действительно четкое изображение, то при неподвижном инструменте выдержка не должна превышать нескольких десятых долей секунды. Несмотря на это, можно допустить выдержку порядка полусекунды, если речь идет о регистрации последовательных фаз частного лунного затмения, используя, если нужно, чувствительную эмульсию для фаз, близких к полной. Такие изображения еще могут выдержать увеличение в $3-4$ раза (рис. 37).

Во всех случаях, когда ставится задача получить детали лунной поверхности в достаточно масштабном, необходимо использовать фокальное увеличение по крайней мере в четыре или более раз, чтобы получить изображение лунного диска диаметром в 6 см. Но тогда выдержку можно будет увеличить до секунды или больше и будет необходимо располагать экваториалом, который двигался бы от руки или с помощью мотора (рис. 32 и 33), чтобы можно было следить очень точно за движением Луны (имея в виду, что собственное движение Луны немного медленнее, чем суточное вращение небесной сферы; могут оказаться необходимыми также микрометрические винты по склонению).

Принимая во внимание обычную легкую размытость изображения, происходящую вследствие беспокойства атмосферы, от вибраций инструмента (из-за ветра и т. д.), которые увеличиваются пропорционально увеличению изображения, бесполезно применять мелкозернистую эмульсию. Лучше применить высокочувствительную ортоили панхроматическую эмульсию (с желтым фильтром),

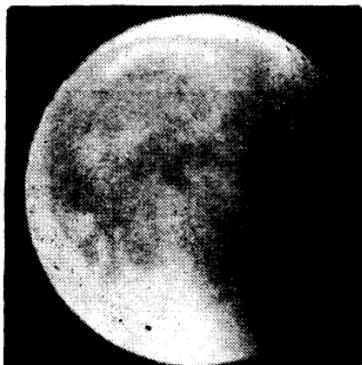


Рис. 37. Затмение Луны 19 янв. 1935 г., сфотографированное с помощью визуального телескопа с объективом 75 мм и фокусным расстоянием $1,05$ м; пластинка «Фульгур», выдержка около $\frac{1}{4}$ сек (увеличение около $4\times$). Снимок Ж. де Вокулера.

чтобы максимально уменьшить выдержку. При таких условиях можно получить, даже с инструментами скромных размеров, прекрасные изображения неровной поверхности нашего спутника.

в) *Фотографирование планет.* Фотографировать планеты можно попытаться, по крайней мере ради любопытства, с помощью самых мощных из рассмотренных

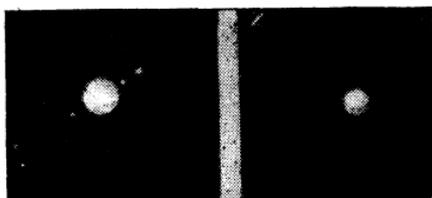


Рис. 38. Спутники Юпитера, сфотографированные визуальным телескопом с объективом 95 мм и фокусным расстоянием 1,40 м (увеличение 3,6×):

1—выдержка 7 мин. на обычной пластинке, 2—выдержка 2 мин. на противоореальной пластинке. Снимки Л. Рюдо.

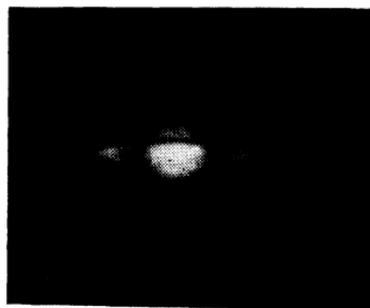


Рис. 39. Сатурн с кольцом, сфотографированный с помощью визуального телескопа с объективом диаметром 150 мм и фокусным расстоянием 2,26 м, снабженного афокальным увеличителем (в 20 раз). Пластика «Зильбереозин», выдержка 10 мин. (увеличение 1,9×). Снимок Э. Фальби-занера, 1938 г.

здесь инструментов (например, с телескопами диаметром 108 или 135 мм). Малость планетных дисков и их слабый блеск делают такую попытку гораздо более трудной, чем для Луны.

В самом деле, максимальные размеры изображений планет порядка 50" (Венера в конце возрастания блеска, Юпитер в противостоянии, большая ось колец Сатурна), т. е. не превышают 0,5 мм в фокусе инструмента с фокусным расстоянием 2 м. Поэтому почти необходимо увеличить фокальное изображение. Однако, исключая Венеру, освещенность этого увеличенного изображения слишком слаба, чтобы выдержать большое увеличение без недопустимого увеличения времени экспозиции.

Мы советуем использовать увеличение в 4—6 раз для Венеры, в 3—4 для Марса и Юпитера, в 2—3 для Сатурна. Для панхроматической высокочувствительной эмульсии и прозрачного желтого фильтра придется брать выдержки порядка секунды для Венеры, 5—10 секунд для Марса и Юпитера и 30—60 секунд для Сатурна; эти значения надо в каждом случае уточнить путем проб.

С большими выдержками, порядка нескольких минут, можно получить превосходные снимки спутников Юпитера (рис. 38), но диск самой планеты будет передержан. Разумеется, гидирование должно быть особенно тщательным. Вести трубу надо по какой-нибудь детали самой планеты (с помощью зеркальной камеры, бокового окуляра или специального гида, используя увеличение в 200 или больше раз). При таких выдержках можно надеяться получить четкое изображение только при достаточно спокойной атмосфере; стоит пытаться экспериментировать только при благоприятных атмосферных условиях.

Даже при этом многим покажется, что они оказались обманутыми в своих ожиданиях (рис. 39), однако это хорошее упражнение для испытания способности астрофотографа!

ГЛАВА VI

ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ

23. Преимущества рефлекторов

В отражательных телескопах — *рефлекторах* объективом служит зеркало, поверхностью которого является передняя вогнутая сторона толстого стеклянного диска. Эта поверхность, с оптической точностью доведенная до необходимой кривизны, покрывается очень тонким слоем (толщиной в 0,1 мк) серебра или алюминия и становится отражающей. Таким образом, световые лучи не проходят сквозь стекло, оно играет роль опоры; его внутренние свойства мало существенны, но зато его оптическая поверхность должна быть отшлифована с исключительной точностью — в четыре раза большей, чем при изготовлении оптических линз (допустимые ошибки при

изготовлении формы поверхности не должны превышать 0,07 мк).

Для фотографирования рефлекторы имеют некоторые существенные преимущества: 1) безукоризненный ахроматизм, фокусировка, сделанная по визуальным лучам, остается той же для любых используемых эмульсий*), 2) легко сделать зеркало в три раза более короткофокусным, чем объектив тех же размеров; отсюда следует возможность укорочения инструмента и увеличения светосилы. Но самое ценное для любителя преимущество заключается в возможности изготовить самому, очень дешево и без специальных знаний, отличные зеркала, гораздо более мощные, чем объективы доступных любителю рефракторов.

Мы отсылаем читателя, интересующегося этим, к подробному описанию изготовления зеркала (см. в библиографии книгу М. С. Навашина) любителем, лишенным специального оборудования и не имеющим предварительного опыта в такого рода работах. Те, кому посчастливится работать в мастерской какого-либо астрономического кружка**) (рис. 40), могут воспользоваться советами своих более опытных товарищей, но, вообще говоря, можно провести всю работу и одному, в кухне или в подвале, следуя одним только книжным описаниям.

Перечислим вкратце необходимые операции: зеркало углубляется посередине просто в результате многократного трения его о другой стеклянный диск, когда относительно грубый абразив (карборунд № 100), помещенный между ними, вызывает большее стирание в центре нашего зеркала в процессе последовательных движений большой амплитуды. Вогнутость регулируется путем величины размаха этих движений и использованием все более тонких абразивов, которые образуют все более и более ровную матовую поверхность. В итоге очень большого числа движений зеркала относительно стекла автоматически получают сферические поверхности***)

*) Иначе говоря, фокусировка одна и та же для лучей всех длин волн. (Прим. перев.)

**) У нас — в секциях любительского телескопостроения отделений ВАГО. (Прим. перев.)

***) Вогнутая — наше зеркало, а выпуклое — рабочее стекло. (Прим. перев.)

с точностью до микрона. Чтобы отполировать теперь стеклянное зеркало, надо использовать более мягкие орудия, способные безопасно для поверхности нести на



Рис. 40. Шлифовку зеркала диаметром 26 см проводит Б. А. Воронцов-Вельяминов (1940 г.).

себе полировочные средства; наилучшим из них является смола или сапожный вар. Тот же стеклянный диск, покрытый тонким слоем вара и полировочным веществом, позволит получить хорошие результаты. Изготовление зеркала диаметром в 20 см требует около 40 часов работы.

24. Основные типы фотографических рефлекторов

а) *Сферическое вогнутое зеркало, диафрагмированное в центре кривизны.* Такой инструмент изготовить легче всего (рис. 41, а). Наклонные световые пучки

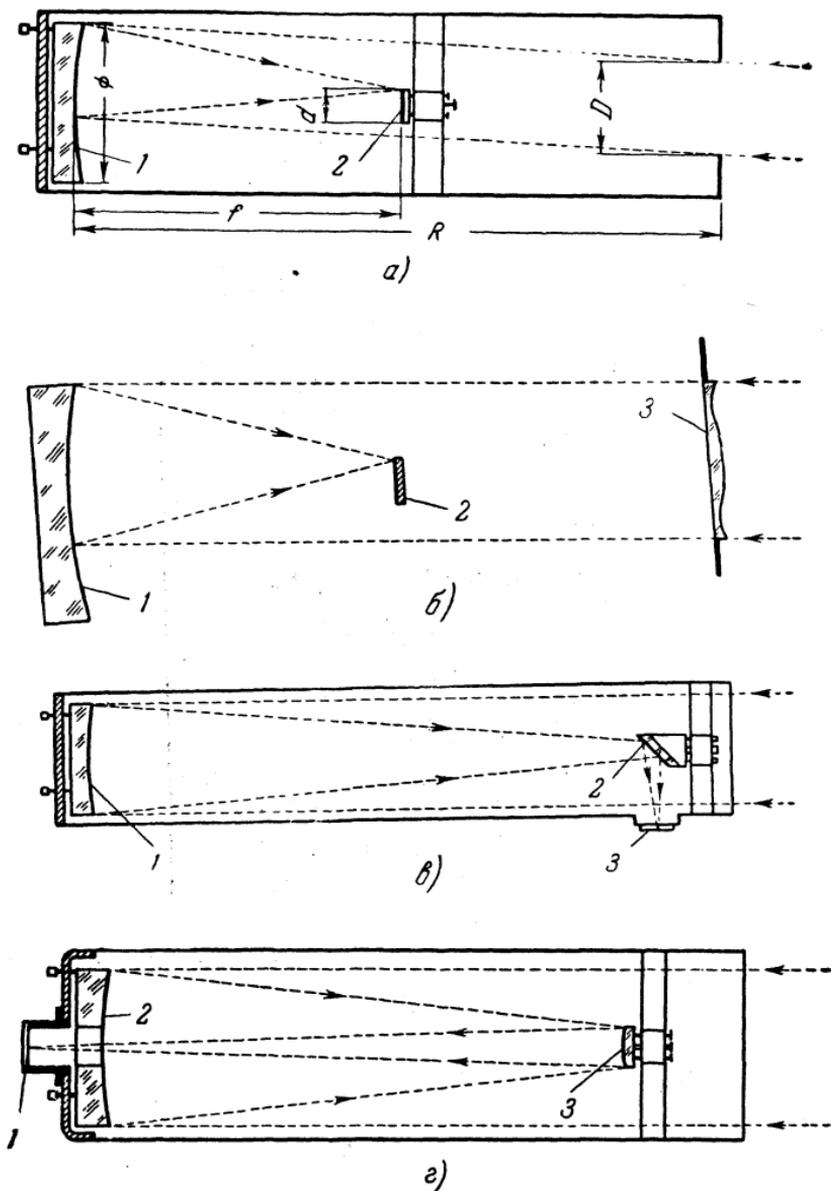


Рис. 41. Основные типы фотографических телескопов.

а) Сферическое зеркало, задиафрагмированное в центре кривизны: 1—сферическое зеркало, 2—чувствительная пленка. б) Телескоп Шмидта: 1—сферическое зеркало, 2—чувствительная пленка, 3—пластинка Шмидта. в) Телескоп Ньютона: 1—параболическое зеркало, 2—плоское зеркало, 3—фотопластинка. г) Телескоп Кассегрена: 1—фотопластинка, 2—параболическое зеркало, 3—гиперболическое зеркало.

падают на часть сферы, нет никаких асимметричных аберраций (комы, астигматизма). Сферическая аберрация сферического зеркала — не помеха для фотографирования, если инструмент небольшой и его отверстие имеет умеренные размеры.

Следующая таблица, вычисленная для кружка наименьшей аберрации диаметром в 50 мк, дает характеристики двух инструментов. Чтобы получить наилучшие результаты, надо учитывать кривизну поля и применять пленку или пластинки, укрепленные на выпуклой сферической поверхности, имеющей радиус кривизны, равный фокусному расстоянию зеркала.

| Диаметр зеркала Ф, мм | Радиус кривизны R, мм | Фокусное расстояние f, мм | Диаметр диафрагмы D, мм | Относительное отверстие f/D | Диаметр полезного поля | |
|--------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------|--------|
| | | | | | мм | град |
| 140 | 560 | 280 | 80 | 3,5 | 30 | 6° |
| 200 | 1080 | 540 | 120 | 4,5 | 40 | 4° 15' |

б) *Телескоп Шмидта*. В этом телескопе (рис. 41, б) сферическая аберрация исправлена с помощью особым образом деформированной тонкой стеклянной пластинки, которая помещается в центре кривизны, т. е. в плоскости диафрагмы предыдущей системы. Телескоп может иметь очень большое относительное отверстие (до $1/0,8$) при отличном качестве довольно значительного поля. Наиболее часто используются в астрономии телескопы Шмидта с относительными отверстиями $1/2$ и $1/4$. При этом существующая кривизна поля заставляет употреблять особую *выпуклую кассету для пленки*. Несмотря на то, что линза Шмидта с трудом отличима от плоской пластинки (отличие составляет всего 30 мк для пластинки диаметром в 25 см при светосиле $1/2$), это отличие очень трудно осуществить с необходимой точностью. Хотя наиболее часто используемая техника была создана любителями, эта работа непосильна для начинающего.

в) *Телескоп Ньютона*. Этот инструмент (рис. 41, в) самый популярный у любителей вследствие легкости его изготовления и возможности применения как для

визуальных, так и для фотографических наблюдений. Главное зеркало имеет в разрезе форму параболы, но на этот раз отклонение от сферы порядка четверти микрона для зеркала с диаметром в 20 см и светосилой $1/6$, что легко достижимо в процессе полировки. Такое зеркало дает отличные изображения только вблизи оптической оси; кома и астигматизм ограничивают размер поля хороших изображений. Фокальная плоскость выводится наружу при помощи маленького плоского зеркала, которое ставится диагонально и отбрасывает изображение вбок к стенке самой трубы. Следующая таблица показывает для нескольких любительских зеркал разумные границы используемого поля зрения (выраженного в минутах и в миллиметрах) при максимальном абберационном кружке рассеяния 100 мк).

| f/D | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | |
|-----------------|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| $D, \text{ мм}$ | | | | | | | | |
| | ' | мм | ' | мм | ' | мм | ' | мм |
| 150 | 103 | 22 | 116 | 30 | 130 | 40 | 138 | 48 |
| 200 | 80 | 23 | 92 | 32 | 102 | 42 | 110 | 51 |
| 250 | 66 | 24 | 76 | 33 | 86 | 44 | 92 | 54 |
| 300 | 55 | 24 | 64 | 34 | 73 | 45 | 80 | 56 |

г) *Телескоп Кассегрена*. Большое параболическое зеркало сочетается здесь со вторичным зеркалом, имеющим форму выпуклого гиперболоида, которое увеличивает фокусное расстояние подобно рассеивающей линзе телеобъектива (рис. 41, г). В целом окончательное (или эффективное) фокусное расстояние*) в 3—5 раз больше, чем у главного зеркала. По сравнению с фокусным расстоянием самого зеркала инструмент получается очень коротким. Чаще всего главное зеркало просверливается в центре, чтобы дать выход пучку лучей и тогда в этот телескоп наблюдают как в рефрактор; поле зрения у него по необходимости маленькое. Изготовление оптики к нему сложнее, чем к телескопу Ньютона.

*) А следовательно, и масштаб изображений. (Прим. перев.)

25. Сборка и монтировка телескопов

Труба телескопа может быть сделана из дерева и иметь четырехугольное сечение, но нужно всегда предусматривать укрепление зеркал без всякого механического сдавливания их и возможность регулировки их положения при помощи *установочных винтов* во время точной центрировки. Можно найти технические проекты для телескопа Ньютона с $D/f = 1/6$ и многочисленные примеры изготовления телескопов любителями в сборниках «Телескопостроение» (см. библиографию в конце книги).

Использование телескопа для фотографирования делает почти совершенно обязательной экваториальную его монтировку. Английские монтировки (типа «люльки») и простые английские монтировки (рис. 42) наиболее просты в изготовлении с ограниченными средствами и наиболее жестки. Однако они громоздки и, вообще говоря, их нельзя сделать переносными. Приходится предусматривать для них постоянное помещение — под откидной крышей. Монтировки вилочные, немецкие и их разновидности (рис. 43) — менее громоздки, их часто делают транспортабельными (для телескопов до 20 см диаметром), но жесткость таких монтировок может быть достигнута только в том случае, если они имеют очень мощные оси и вся механика изготовлена очень тщательно.

Чтобы фотографировать с большими выдержками любительским ньютоновским телескопом с фокусным расстоянием около метра или больше, необходимо иметь возможность гидировать с помощью какого-либо специального механического приспособления. Такой двигатель, связанный с часовой осью, должен быть изготовлен особенно тщательно; если это касательная зубчатка большого радиуса, то она будет очень дорогой; большинство любителей удовлетворяются гладким сектором большого радиуса (чтобы уменьшить ошибки в угле), который тащит стальная лента, скрепленная с контргайкой прямого винта (см. рис. 42). Для приведения в движение зубчатых колес часто используют гири и регулятор, работающий на трении, заимствованный от мотора патефона.

Это может быть также синхронный электромотор, ошибки хода которого порядка 1% не должны рассматриваться как недопустимые, так как во всех

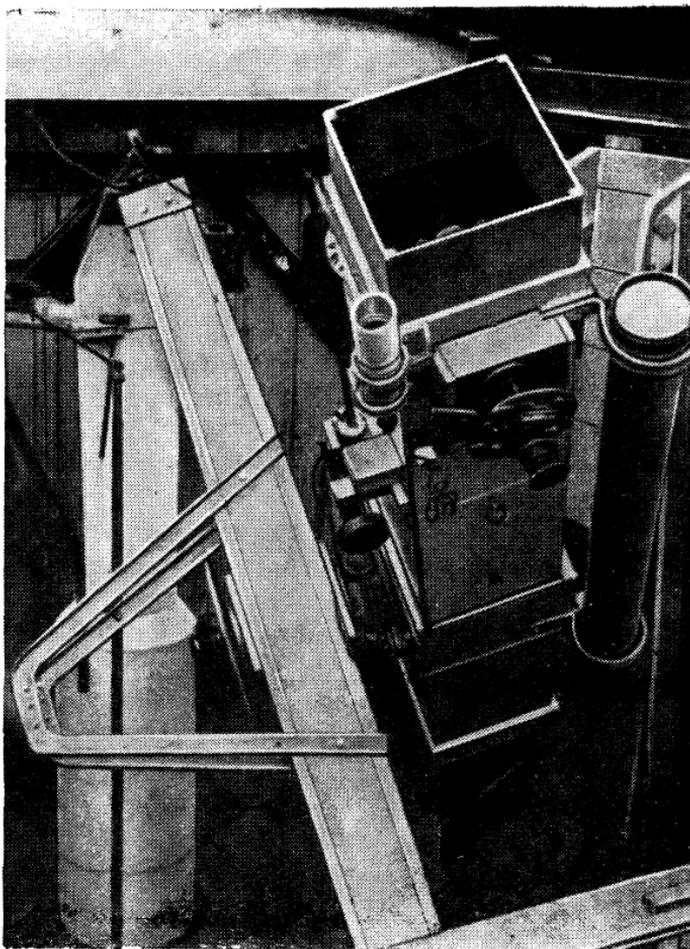


Рис. 42. Телескоп Ньютона с отверстием 225 мм и фокусным расстоянием 1,81 м для фотографирования звезд и туманностей. Простая английская экваториальная установка на столбах из цементных труб и с деревянной вилкой для часовой оси; приспособление для гидирования состоит из гладкого сектора, который тянет стальная лента и гиревой двигатель от фонографа; труба телескопа деревянная, искатель диаметром 108 мм. Кассета рассчитана на пластинки $4,5 \times 6$, в центре окуляр с большим полем зрения, который заменяется кассетой с лезвием ножа для точной фокусировки; боковой окуляр служит при гидировании. Построен Ф. Бакки в Шасапе.

случаях надо следить за гидировкой и часто подправлять с помощью микрометричного винта неправильности хода, неустранимые даже при наилучшем моторе.

При больших экспозициях и фокусном расстоянии порядка 1,5 м невыгодно устанавливать параллельно основной трубе достаточно мощный телескоп — гид, так

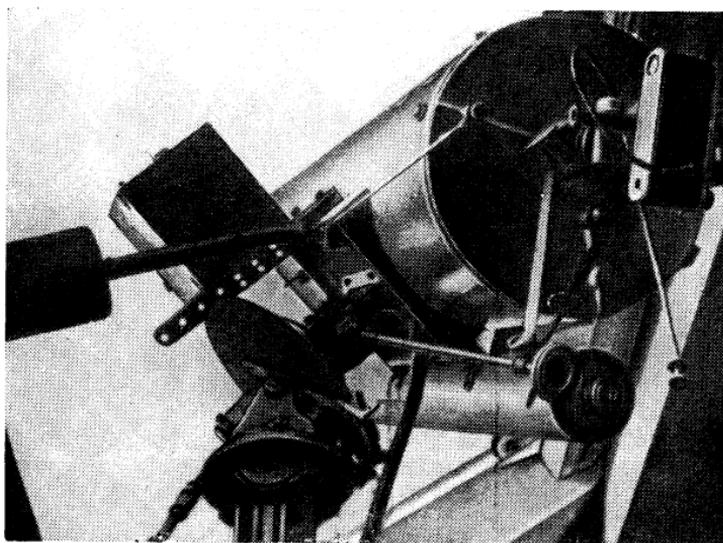


Рис. 43. Телескоп Кассегрена с отверстием 257 мм и фокусным расстоянием 1,10 м (эквивалентный фокус системы Кассегрена 5,50 м) для фотографирования Луны и планет. Простая немецкая экваториальная установка. Труба телескопа двойная, движение с помощью зубчатки с касательным винтом, управляемым мотором от электрического фонографа с фрикционным регулятором. Адаптер для микрометра и фокальной малоформатной камеры (см. рис. 44).

как всегда будет существовать дифференциальное гнутие, которое будет портить даже самое тщательное гидирование. Нужно построить специальную кассету, снабженную боковым окуляром, с помощью которого можно выбрать изображение какой-нибудь гидировочной звезды вне фотографируемой области, — изображение, созданное самим телескопом (см. окулярную часть телескопа на рис. 42).

Светосилы $1/6$ и $1/8$ для зеркал обычных ньютоновских телескопов недостаточно, чтобы использовать всю их

разрешающую силу на снимке, полученном в прямом фокусе; необходимо увеличить изображение с помощью увеличительной системы, подобной описанной в § 21. С этой точки зрения особенно выгодно использовать ортоскопический окуляр.

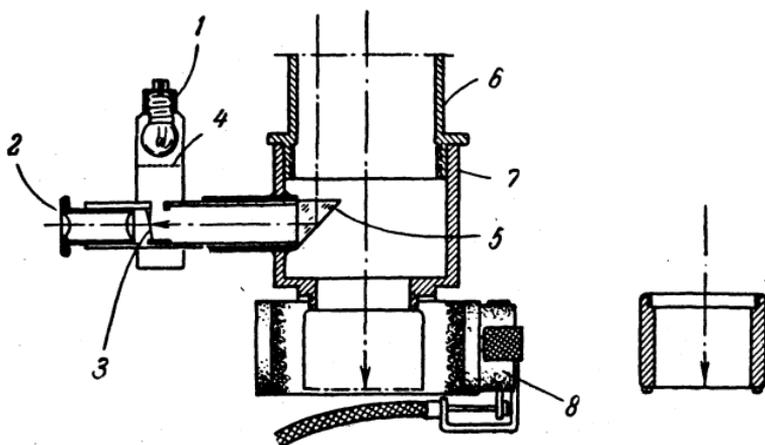


Рис. 44. Адаптер для малоформатной фокальной камеры с приспособлением для гидрирования телескопа Кассегрена.

1 — лампочка 3,5 в для освещения нитей (если нужно), 2 — окуляр Рамсдена $G=350\times$ с телескопом 257 мм, 3 — сетка наутинных нитей, несущая также нож из алюминия 0,02 мм, служащий для контроля установки рамки камеры, 4 — зеленый фильтр, 5 — призма полного внутреннего отражения 10×10 мм, 6 — окулярный конец трубы, 7 — адаптер, 8 — фотоаппарат «Лейка» с гибким автоспуском. Вместо «Лейки» крепится эквивалентная камера с матовым стеклом на месте пленки. По нему регулируется сетка нитей по методу Фуко (рис. справа).

Рефлекторы Кассегрена со светосилой $1/20$ могут быть в крайнем случае использованы без увеличения изображения, которое получается в фокусе уже довольно большим. Достаточно смонтировать с помощью переходной части на окулярной оправе небольшую фокальную камеру. Хорошо предусмотреть боковой окуляр, который позволит регулировать фокусировку телескопа быстро и часто, без демонтажа камеры и в особенности позволит открывать затвор лишь в самый благоприятный момент. Рис. 44 показывает пример установки, использующий для фотографирования планет с помощью телескопа пленочный фотоаппарат (24×36 мм) с вывинченным объективом. Хороший спуск позволит управлять затвором без сотрясения всего инструмента.

26. Обзор применений рефлекторов

Использование телескопов со сферическими зеркалами, диафрагмированными в центре кривизны, и телескопов Шмидта сходно с использованием камер среднего фокусного расстояния (гл. IV), но обладает более широкими возможностями, особенно у «шмидтов». Эти последние в силу большого поля и большой светосилы позволяют предпринять постоянное наблюдение некоторых областей Галактики с целью поисков новых звезд. А систематическое обозрение полей галактик в созвездиях Девы, Волос Вероники и Большой Медведицы *) может быть вознаграждено открытием сверхновой. Короткие выдержки, которые возможны с этими телескопами (ср. табл. 1 а, стр. 93), очень ценны для фотографирования движущихся и меняющихся объектов, таких как кометы, а также для галактических туманностей (см. фото X на вклейке).

Практически безгранична область применения ньютоновских телескопов, снабженных приспособлениями для фотографирования с большими выдержками; сотнями можно сосчитать туманности и замечательные звездные скопления, которые достаточно велики, чтобы дать интересные и детальные изображения при фокусном расстоянии, достигающем 1,5 м. Их светосила вынуждает делать экспозиции во много часов даже на сверхчувствительных пластинках (табл. 1а). Полученные результаты щедро вознаградят наблюдателя за затраченные им усилия. Рис. 45 и 46 заимствованы из коллекции, включающей более 120 негативов, полученных в 1948—1950 гг. Ф. Бакки во Франции с телескопом, изображенным на рис. 42; они дают представление о том, чего можно достичь: негативы показывают звезды до 18-й величины и с честью выдерживают сравнение с фотографиями, полученными на больших обсерваториях.

Несмотря на относительно короткие экспозиции, получение фотографий высокого качества Луны и планет с помощью телескопа с отверстием больше 20 см связано с еще большими трудностями; но в этом и заключается «спортивный» интерес любителя, овладевающего

*) Где находятся скопления большого числа галактик. (Прим. перев.)

всеми тонкостями фотографической техники. С телескопом Ньютона $\frac{1}{6}$, снабженным окуляром, дающим 15-кратное увеличение, даже снимая на чувствительные пластинки, придется употреблять выдержки во много секунд для Луны в первой четверти; в этих условиях



Рис. 45. Туманности, окружающие яркие звезды Плеяд, снятые с помощью телескопа с отверстием 255 мм и фокусным расстоянием 1,81 м (см. рис. 42). Пластика «Суперфульгур», выдержка 2 час. 15 мин. (увеличение $2\times$). Снимок Ф. Бакки, 1949 г.



Рис. 46. Спиральная галактика Мессье 51 в Гончих Псах, снятая телескопом с отверстием 255 мм (см. рис. 42). Пластика «Суперфульгур», выдержка 2 часа (увеличение $7\times$). Снимок Ф. Бакки 1949 г.

можно будет надеяться получить детали меньше секунды дуги, что соответствует 1800 м на лунной поверхности только при исключительно спокойных изображениях. Выбрав подходящую экспозицию, надо сделать очень много снимков, чтобы затем выбрать один с действительно четким изображением деталей.

Телескоп Кассегрена $\frac{1}{20}$ и мелкозернистая эмульсия с повышенной контрастностью, на которой можно различить детали размером всего в 10 мк, позволяет

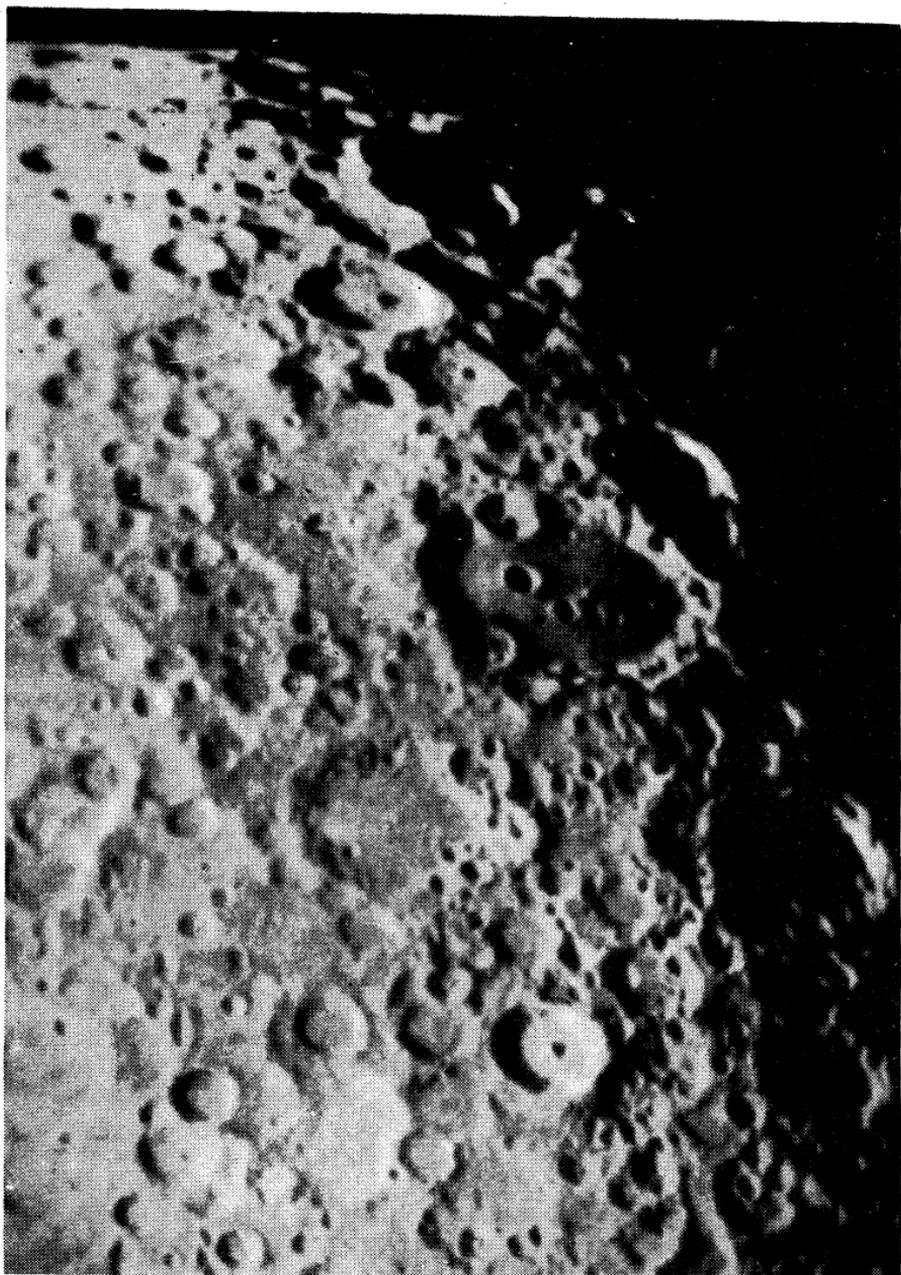


Рис. 47. Лунная поверхность в районе кратеров Клавниус и Тихо, снятая 18 апр. 1948 г. Ж. Тексеро с помощью телескопа с отверстием 257 м.м (см. рис. 43), в кассегреновском фокусе ($f = 5,50$ м). Пленка «Микрофайл панхро», выдержка 1 сек (увеличение 10×).

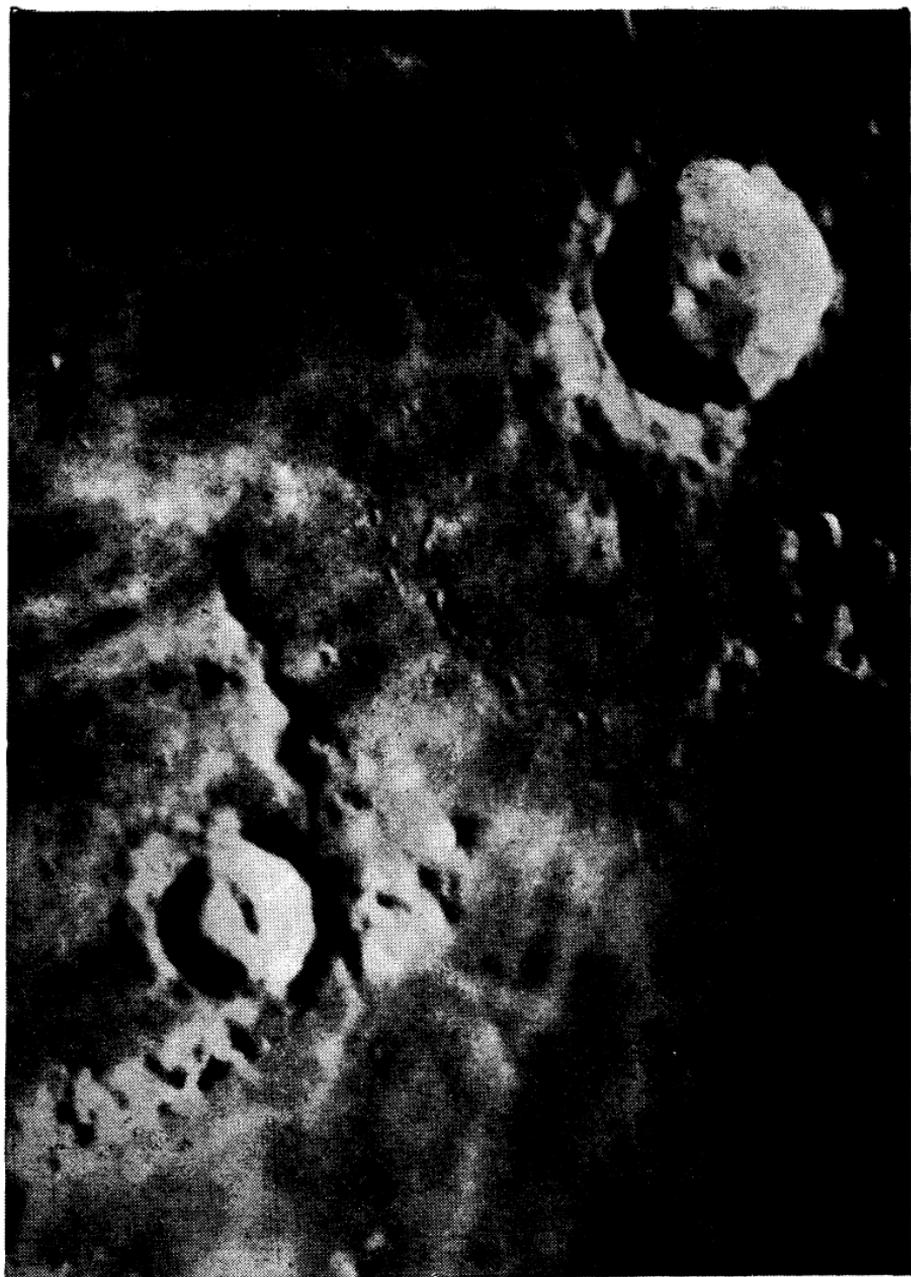


Рис. 48. Поверхность Луны в районе кратеров Коперник и Эратосфен, снятая 18 апр. 1948 г. телескопом, изображенным на рис. 43. Кассегреновский фокус 5,50 м. Пленка «Микрофайл панхро», выдержка 1 сек (увеличение 19×). Снимок Ж. Тексеро.

использовать почти всю теоретическую разрешающую способность инструмента, получая изображение прямо в фокусе. Так как изображение получено после отражения от двух посеребренных или алюминированных зеркал,

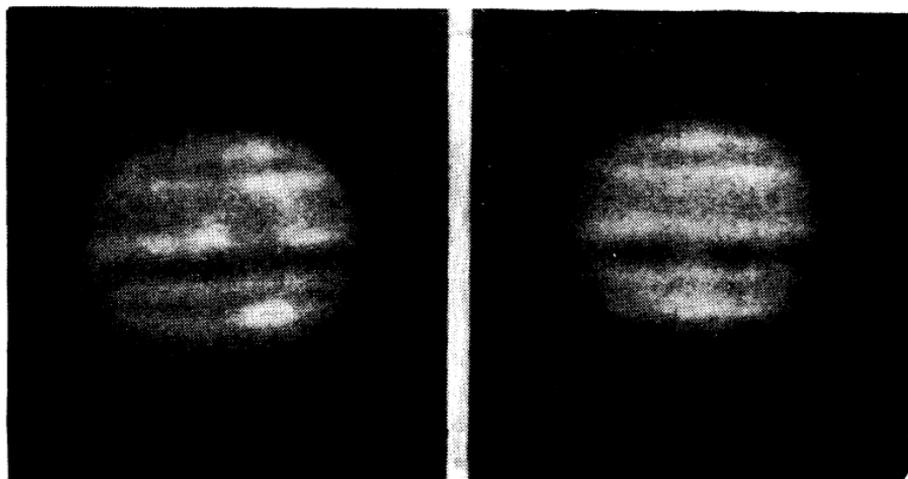


Рис. 49. Два снимка Юпитера, показывающие быстрое вращение планеты: слева — снимок 24 авг. 1950 г. в 23 час. 54 мин. всемирного времени (долгота центрального меридиана $22^{\circ},4$), справа — снимок 25 авг. 1950 г. в 0 час. 18 мин. (долгота центрального меридиана $36^{\circ},9$), телескоп с отверстием 257 мм (рис. 43), кассегреновский фокус 5,50 м, пленка «Микрофайл панхро», выдержка 1 сек (увеличение $25\times$).

то света оказывается много больше, чем в случае такого же относительного отверстия в сочетании с окулярным увеличением. Вот некоторые указания величины экспозиции для телескопа со светосилой $1/21$ (рис. 43) и 35-мм пленки «Микрофайл-панхро»:

| | | | | | |
|------------------------------|--------|------|--------|--------|--------|
| Возраст Луны (дни) | 5 | 6—7 | 8—9 | 10 | Полная |
| Экспозиция (сек) | 3 | 1,5 | 1,0 | 0,5 | 0,3 |
| Планеты | Венера | Марс | Юпитер | Сатурн | |
| Экспозиция (сек) | 0,1 | 0,5 | 1,0 | 3—4 | |

Когда выдержка достигает секунды или больше, нужны исключительные обстоятельства, чтобы одновременно иметь безукоризненную гидировку телескопа, полное отсутствие дрожания (от мотора и от ветра) и, особенно, совершенно спокойное изображение. Даже при

непрерывном наблюдении за светилом в боковой окуляр (рис. 44) и тщательном выборе благоприятных мгновений (наступающих иногда с интервалами в 10 минут), трудно ожидать больше 5% хороших изображений. Но иногда можно добиться превосходных результатов: рис. 47 и 48 являются примерами фотографий Луны, полученных в таких условиях. Вторая фотография соответствует редкому стечению благоприятных обстоятельств. На рис. 49 приводятся две фотографии Юпитера (на оригинальных негативах диаметр планеты не больше миллиметра), из сравнения которых можно заметить быстрое вращение планеты. Атмосферные условия были при этом только удовлетворительные; часто можно наблюдать более впечатляющее зрелище деталей поверхности Юпитера.

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

ТЕХНИКА АСТРОФОТОГРАФИИ

Хотя проявление астронегативов и изготовление отпечатков в принципе производятся по обычным правилам, полезно знать некоторые особенности, что позволит более полно использовать полученные снимки.

В этой последней части книги мы дадим некоторые общие указания по этому поводу, отсылая читателя за деталями к общим руководствам по фотографии. В приложении читатель найдет таблицы, в которых собраны все технические данные, касающиеся различных разделов астрофотографии, которые полезно знать. Библиографический указатель, наконец, может служить как гид при выборе дополнительной литературы.

ГЛАВА VII

ОБРАБОТКА НЕГАТИВОВ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТПЕЧАТКОВ

27. Проявление

Проявитель, так же как и используемый сорт эмульсии, должен быть разумно выбран в зависимости от поставленной задачи. Мы уже вкратце указывали в предыдущих главах на типы эмульсий, больше всего подходящие для различных объектов, особенно подчеркивая значение зернистости эмульсии и ее контрастности. Надо выбирать проявитель в соответствии со свойствами эмульсии и лучше всего выявляющий эти свойства.

Следующая таблица дает состав ряда применяемых метолгидрохиноновых проявителей, которые хороши в большинстве случаев для проявления фотографических пластинок и пленок.

| Вещество | Тип проявителя | | | |
|---------------------------|--|------------|---------|--------------------|
| | мягкий | нормальный | жесткий | очень жесткий |
| Метол | 5 г | 2 г | 1 г | — |
| Сульфит натрия безводный | 30 | 60 | 100 | 200 г |
| Гидрохинон | 2 | 6 | 10 | 15 г |
| Сода безводная | 25 | 40 | 70 | — |
| Формалин | | | | 20 см ³ |
| Бромистый калий | 0,5 | 1,5 | 3 г | — |
| Кипяченая вода | В количестве, достаточном, чтобы получить 1 л проявителя | | | |

В том случае, если на 35-мм пленке хотят получить изображение особенно мелкозернистое, можно использовать проявитель Кодак D-76 с, либо парафенилендиаминный проявитель, либо, наконец, какой-нибудь из имеющихся в продаже «мелкозернистых» проявителей. Но надо помнить, что эти последние обычно требуют увеличения времени проявления, и что, с другой стороны, почти все астрономические снимки требуют проявления до получения максимального контраста (исключения могут касаться Луны, солнечных пятен, некоторых туманностей).

Зато часто приходится иметь дело с недоэкспонированными негативами и можно получить выгоду, используя проявитель Кодак D-82 на каустической соде. И не надо отказываться от преимуществ различных процессов уселения негативов (§ 28).

Фиксирование в двух кюветах (первая кислая, вторая нейтральная) надо практиковать во всех случаях, когда желают сохранить негативы в хорошем состоянии на долгое время.

28. Исправление недостатков

Мы уже указывали на примере фотографирования Солнца, что часто бывает выгодным немного перепроявить негатив и затем слегка просветлить его с помощью субтрактивного ослабителя. Для этого можно использо-

вать классический ослабитель Фармера, состав которого мы напомним:

Ослабитель Фармера

| <i>Раствор А</i> | <i>Раствор Б</i> |
|-------------------|-----------------------|
| Вода 1 л | Вода 1 л |
| Гипосульфит 100 г | Красная кровяная соль |
| Сода 1 г | 10 г |

Для использования прибавить 5 см³ раствора Б к 100 см³ раствора А. При ослаблении кювету непрерывно покачивать; перед достижением желаемого эффекта остановить покачивание на короткое время; промывать не менее 1/2 часа. Действие ослабления будет тем больше, чем больше будет концентрация красной кровяной соли; контрастность возрастает, если увеличить долю раствора Б.

Во многих случаях, наоборот, встретится необходимость усилить слишком слабое изображение, например, в случае фотографирования комет или туманностей. Тогда слабые части изображения желательно усилить, не подчеркивая те, которые получились достаточно плотными. Можно будет в крайнем случае использовать химическое усиление (пропорциональное ртутное усиление в двух растворах). Однако мы советуем вообще избегать дополнительных химических способов обработки первоначальных негативов и, как правило, использовать методы физического усиления в процессе изготовления отпечатков. Это является более гибким и надежным способом и сохраняет неприкосновенным оригинальный негатив.

29. Получение копий и отпечатков

Этот процесс состоит в принципе в получении с оригинального негатива позитивной копии на пластинке, имеющей большую контрастность, затем в получении с этого позитива второго негатива, который будет использован уже для получения отпечатков на бумаге: Этот цикл может быть повторен, однако это оказывается бесполезным, так как сейчас имеется выбор сортов фотогра-

фической бумаги и, кроме того, возможности усиления оказываются ограниченными тем, что одновременно с изображением усиливаются все дефекты (царапины, пыль, зернистость и т. д.).

Часто можно избежать изготовления второго негатива на стекле и печатать непосредственно на бумаге (с помощью первой позитивной копии) негативный отпечаток. Его использование может быть более удобным, чем отпечатка позитивного (например, в случае изготовления карт с помощью звездных снимков).

Можно применить два метода усиления путем получения контратипов: 1) печатать контактно или, еще лучше, с небольшим увеличением (в 2—3 раза) с помощью увеличителя в параллельном пучке (эффект Калье); плотность фона можно выбрать так, чтобы попасть на прямолинейный участок характеристической кривой и получить максимальный контраст в наиболее бледных местах первоначального негатива. Проявлять надо, разумеется, в контрастном проявителе. 2) Непосредственно фотографировать оригинальный негатив, плотно прижатый желатиновой стороной к какой-нибудь рассеивающей белой поверхности (например, блестящей белой бумаге, опаловому стеклу) и освещенный отраженным диффузным светом. При этом употребляется фотоаппарат двойного растяжения (с увеличением $1/1$). С полученного диапозитива делают отпечатки методом контактной печати. Слабые плотности при этом усилятся больше, чем средние, так как в отраженном свете плотность стремится к некоторому пределу, тогда как плотность в проходящем свете, которая здесь удваивается, неограниченно возрастает.

Если под рукой имеется увеличитель, первый метод, вообще говоря, удобнее.

30. Увеличение

Изготовление позитивных отпечатков надо осуществлять при помощи увеличения со специальным проекционным аппаратом. В продаже имеется много моделей таких аппаратов. Отметим, однако, что легко сделать такой увеличитель, если имеется конденсорная линза и фотоаппарат с мехом. Как производить увеличение и какие возможности открываются при этом, в общем хо-

рошо описано в руководствах для любителей фотографии, к которым мы и отсылаем читателя. Мы прибавим лишь несколько замечаний.

Какое взять увеличение, чтобы получить возможность на отпечатке разглядеть простым глазом самые мелкие детали, которые запечатлелись на негативе, зависит от большого числа факторов. Сюда входит и разрешающая способность использованного объектива, и состояние атмосферы во время съемки, и разрешающая способность высокочувствительной эмульсии, и четкость отпечатка и т. д.

«Мягко рисующая» оптика строго запрещена в научной фотографии. Необходимо добиваться самой точной фокусировки, чтобы получить четкое изображение зернистости фотоэмульсии негатива на отпечатке. Надо поэтому иметь очень хороший объектив для увеличителя, еще лучше употреблять специальное приспособление для контроля точности фокусировки на бумаге.

Таким образом, полное использование четкого негатива требует такого увеличения, при котором можно было бы различать зернистость негатива на отпечатке.

При одном и том же увеличении качество отпечатков будет находиться в зависимости от способа освещения негатива (и, разумеется, от качества объектива), использованного в увеличителе.

1. Если негатив освещен пучком лучей, сходящихся в оптическом центре объектива от точечной лампы (рис. 50, а), то изображение какой-нибудь точки негатива будет создаваться главным образом небольшой частью объективного зрачка; соответственно этому дифракция очень ухудшит видимость зерна эмульсии, однако контрастность будет большой.

2. Если негатив освещается диффузным светом (рис. 50, б), то лучший объектив увеличителя не сможет дать хорошего изображения в таких условиях; отражения и аберрации создадут молочно-белую вуаль, которая уменьшит все контрасты и замочет зернистость так же, как и тонкие детали изображения.

3. Чтобы получить исключительно точное воспроизведение негатива, надо использовать объектив увеличителя *очень хорошего качества* и с большим относительным отверстием. В этих условиях используемое поле

очень ограничено (несколько мм негатива); освещение должно быть достаточно рассеянным (рис. 50, б), чтобы каждая точка негатива равномерно освещала бы входной зрачок объектива.

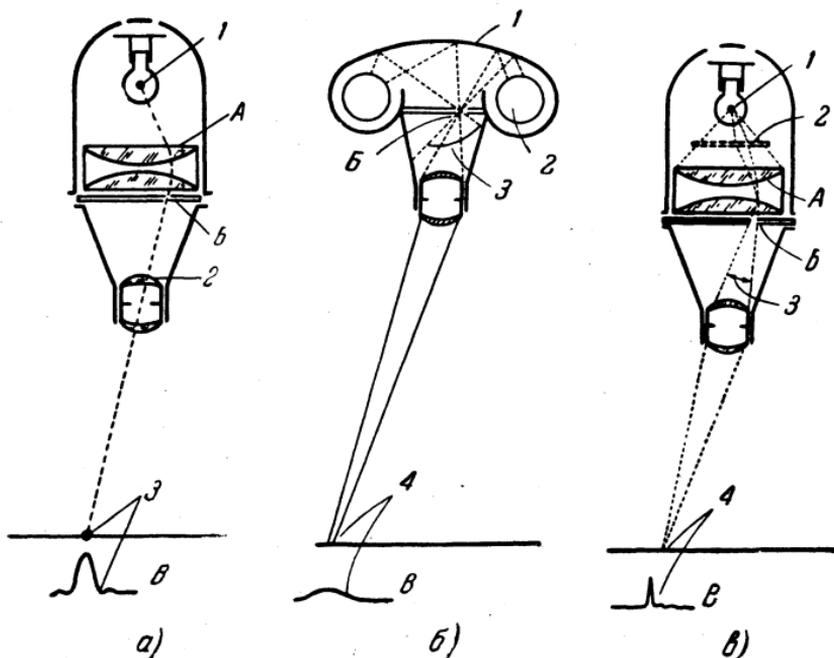


Рис. 50. Основные способы печати с увеличителем. На всех рисунках буквами обозначены: А — конденсор, Б — очень контрастная деталь негатива, В — фотометрический профиль.

а) Направленное освещение (с двухлинзовым конденсором без рассеивателя): 1 — точечная лампа, 2 — выделенной деталью объектив освещен неравномерно, 3 — изображение точки очень контрастно, разрешение среднее, сильная зернистость. б) Освещение очень рассеянное (с отраженным светом): 1 — диффузор света, 2 — опаловая лампа, 3 — конус рассеянного света слишком широкий, чтобы использовать полностью объектив; 4 — изображение детали мало контрастное, плохое разрешение, слабая зернистость. в) Освещение для высокого разрешения (с конденсором и рассеивателем): 1 — точечная лампа, 2 — матовое стекло (матированы обе стороны; положение может меняться), 3 — конус рассеянного света, однородно освещающий только входной зрачок объектива; 4 — изображение умеренного контраста, хорошее разрешение, если объектив хорош и достаточно открыт; тонкая зернистость.

Первоначальные отпечатки фотографий, воспроизводимых на рис. 48 и 49, были получены именно таким образом, с использованием объектива типа Индустар-50У, $f=50$, $1/3,5$, обеспечивающим высокое разрешение на поле 6×6 мм, и ортоскопического окуляра, дающего действительное изображение источника света на стек-

ле, матовом с обеих сторон, расположенном вблизи негатива.

Во всех случаях, когда интересующее нас изображение занимает лишь долю освещенной поверхности негатива, полезно употреблять подходящую по размерам заслонку, помещая ее прямо на негатив, чтобы пресечь путь лучам, проходящим вне этого изображения. Эти лучи могли бы создать путем рассеяния некоторую вуаль на бумаге в том месте, где должно получиться нужное нам изображение. Заслонку необходимо применять во всех случаях, когда мы имеем дело с небольшим, но очень темным изображением, находящимся посередине очень светлого негатива (например, изображение солнечного затмения или планеты).

Приближенно можно принять, что очень четкое изображение на мелкозернистой пленке может выдержать увеличение от 20 до 50 раз (в случае надобности это достигается посредством одного или двух промежуточных увеличений, например $2 \times 5 \times 5 = 50$); с другой стороны, недодержанное изображение на высокочувствительной пленке, усиленное в процессе изготовления отпечатков, не сможет выдержать увеличения больше четырех или пяти раз. В общем можно считать нормальными увеличения от четырех до 10 раз.

31. Выбор бумаги

Как общее правило, отпечатки изготавливаются на высокочувствительной (для процесса увеличения) бромосеребряной бумаге — белой, блестящей, глянцевой. Хорошо использовать электроглянцеватель, дающий одновременно глянец, делающий отпечатки совершенно законченными, причем еще немного увеличивающий контрастность снимка.

Разумеется, контрастность бумаги надо выбирать в соответствии с природой снятого объекта, но в общем можно считать, что контрастная и сверхконтрастная бумаги больше всего используются в научной фотографии. Она подходит для всех снимков звездных полей, когда хотят получить наиболее белые изображения звезд на наиболее черном фоне (однако, не переусердствуйте в погоне за очень черным фоном, чтобы не потерять слабых звезд!).

Для воспроизведения снимков Солнца, полной Луны, планет, комет, метеоров и т. д. годится также контрастная бумага.

Можно использовать нормальную и даже мягкую бумагу в тех случаях, когда имеют дело с изображением, которое обладает большими различиями яркостей, например, Луна в первой четверти, затмения Луны, некоторые туманности (например, туманность Ориона) и, возможно, солнечные пятна.

Хотя белая глянцевая бумага может удовлетворить нас во всех случаях, иногда могут иметь преимущество некоторые сорта матовой или бархатистой бумаги и даже так называемой художественной бумаги теплых тонов, если сюжет этому соответствует. Например, можно получить исключительно прекрасные лунные снимки на «велюровой» бумаге, добиваясь глубокого черного цвета для тени кратеров и гор на Луне; кроме того, специальное строение этой бумаги совершенно устраняет зернистость изображения, что позволяет достигать очень больших увеличений. Сорта бумаги «теплого тона» (хлоробромосеребряные) очень хороши для воспроизведения некоторых цветных снимков: например, затмений Луны, заходов Солнца.

Наконец, газосветная бумага (хлорированная), дающая черно-голубой тон (проявление в диаминофеноле), хороша для контактной печати снимков таких объектов, как кометы, туманности, полярные сияния и т. п. Отметим, что среди бумаг этого сорта можно найти более контрастные, подходящие для этих объектов.

Ограниченный интервал яркостей, которые надлежащим образом могут быть воспроизведены на бумаге, часто не дает возможности передать всю гамму оттенков, запечатленную на негативе. В частности, это некоторые туманности (Ориона, Андромеды), лунные затмения и т. д. Можно найти выход в том, чтобы напечатать позитив на стекле (т. е. диапозитив), который можно будет рассматривать простым глазом или в лупу, поставив его перед равномерно ярким фоном (голубое небо или опаловое стекло). Изображения, полученные таким образом, будут обладать богатством оттенков и глубиной, которые никогда не сможет дать бумага. Разумеется, использование диапозитивов будет также иметь большое преимущество для астрономических стереоснимков.

32. Регистрация и хранение негативов

Использование коллекции научных фотографий, даже очень скромных, требует самого серьезного внимания к маркировке, классификации и к сохранению негативов. При маркировке ставят номера какой-нибудь удобной классификации и общие указания (в частности, дату съемки); они должны наноситься лучше всего тушью на желатиновый слой вдоль одного из краев снимка. Следует избегать красных чернил, которые не видны при красном свете фотолаборатории, и синих чернил, которые могут разложиться под действием веществ, сохраняющихся в желатине после всех фотопроцессов. Маркировку надо проводить методично, чтобы исключить необходимость напрасных поисков и пересматривания негативов, всегда для них опасного. Полезно создать подробный карточный каталог всех негативов, содержащий все полезные указания о них: объект, дата, час фотографирования, использованный инструмент, сорт и номер эмульсии, размер негатива, продолжительность выдержки, фильтр, если он был использован, условия проявления и т. д.

Хранение негативов должно быть предметом особых забот. Фильмы и пленки могут храниться в специальных коробках, которые можно найти в продаже. Надо избегать обычных конвертов, так как вещества, употребляемые для их склеивания, могут со временем разрушить изображение. Пластинки следует хранить в карманчиках из прозрачной бумаги, помещенных, как карточки, в картотечном ящике, в металлической коробке, или просто хранить их в первоначальных фабричных коробках, слой к слою, разделенные одна от другой узкими бумажными прокладками, которые надеваются на противоположные края каждой пластинки. Коробки располагаются в ящике (лучше с перегородками), где они ставятся на ребро, как книги в библиотеке. Коробки должны иметь надписи, необходимые для быстрого отыскания нужного негатива. Место хранения должно быть достаточно сухим, со средней температурой и вдали от всех опасных испарений.

Отпечатки должны храниться в конвертах или альбомах. Кроме всех указанных выше сведений, отпечаток должен иметь указания сорта бумаги, увеличение,

в случае необходимости — данные о промежуточных негативах. Большинство отпечатков, помещенных в этой книге, сопровождаются такими указаниями. В некоторых случаях можно (как это мы сделали здесь) добавить шкалку, показывающую масштаб в градусах, минутах или секундах дуги. Это облегчит использование снимка, в особенности, если шкала подверглась изменению (при проецировании, при публикации и т. д.).

Отметим, наконец, что снимки, предназначенные для проецирования на экран, должны быть сделаны относительно более светлыми; хороший позитив с очень черным фоном часто кажется слишком темным в проекции на экран. Подобным же образом отпечатки на бумаге, предназначенные к воспроизведению в книге, должны быть напечатаны скорее менее контрастно, так как при изготовлении клише контраст всегда возрастает.

Эти указания не претендуют на исчерпание всей темы; на протяжении этих страниц мы смогли дать лишь очень краткий обзор широких возможностей, которые открываются перед любителем, изобретательным и искусным в области астрономической фотографии. Мы почти не касались здесь того полезного вклада в науку, который может сделать любитель астрономии. Это увело бы нас далеко за пределы, которыми мы сознательно ограничили содержание этой небольшой и элементарной книги. Любопытный читатель и опытный любитель смогут найти дополнительные указания в книгах и статьях, упомянутых в библиографии.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ТАБЛИЦЫ И ЧИСЛОВЫЕ ДАННЫЕ

Таблица 1

Предельные звездные величины *)

| f/D \ $D, \text{ см}$ | 1 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 3 | 10 ^m ,2 | 12 ^m ,1 | 13 ^m ,6 | 14 ^m ,4 | 15 ^m ,0 | 15 ^m ,8 | 16 ^m ,3 |
| 5 | 11,2 | 13,1 | 14,6 | 15,4 | 16,0 | 16,7 | 17,2 |
| 7 | 11,8 | 13,7 | 15,2 | 16,0 | 16,6 | 17,3 | 17,8 |
| 10 | 12,4 | 14,3 | 15,8 | 16,6 | 17,2 | 17,9 | 18,4 |

*) Величины самых слабых звезд, которые могут быть еще сфотографированы объективом с диаметром D и фокусным расстоянием f (по Уиппу и Рубинштейну).

Таблица 1а

Предельные выдержки *)

| f/D | 1 | 1,5 | 2 | 2,8 | 3,5 | 4,5 | 6,3 | 8 | 10 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $T_{\text{макс}}$ | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 75 | 2,5 | 4 | 6 |
| | мин. | мин. | мин. | мин. | мин. | мин. | час. | час. | час. |

*) Максимальная полезная выдержка для сверхчувствительных пластинок при объективе с отношением f/D в безлунную ночь или, иначе, минимальная выдержка, необходимая для получения предельных величин табл. 1.

Таблица 2

Выдержки и предельные звездные величины *)

| $D, \text{ см}$ T | 1 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 20 |
|------------------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 мин. . . | $7^m,1$ | $9^m,0$ | $10^m,5$ | $11^m,3$ | $11^m,9$ | $12^m,6$ | $13^m,1$ |
| 5 мин. . . | 8,5 | 10,5 | 12,0 | 12,8 | 13,4 | 14,1 | 14,6 |
| 10 мин. . . | 9,1 | 11,2 | 12,5 | 13,3 | 13,9 | 14,6 | 15,1 |
| 30 мин. . . | 10,1 | 12,1 | 13,5 | 14,3 | 14,9 | 15,7 | 16,2 |
| 1 час. . . | 10,6 | 12,6 | 14,1 | 14,9 | 15,5 | 16,2 | 16,7 |
| 2 час. . . | 11,2 | 13,1 | 14,6 | 15,4 | 16,0 | 16,7 | 17,2 |
| 4 час. . . | 12,0 | 13,8 | 15,4 | 16,1 | 16,8 | 17,5 | 18,0 |
| 6 час. . . | 12,5 | 14,3 | 15,8 | 16,6 | 17,2 | 17,9 | 18,4 |

*) Предельные звездные величины звезд, которые можно сфотографировать с объективом диаметром D при различных выдержках T на сверхчувствительных пластинках (пригодны при $T \leq T_{\text{макс}}$; см. табл. 1а).

Таблица 3

Масштаб изображений *)

| $f, \text{ см}$. . . | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 1 градус, мм | 0,9 | 1,7 | 2,6 | 3,5 | 5,3 | 8,7 | 17,4 | 34,8 |
| 1 миллиметр | $68',8$ | $34',4$ | $22',9$ | $17',2$ | $11',4$ | $6',9$ | $3',4$ | $1',7$ |
| Луна, Солнце, мм . | 0,5 | 0,9 | 1,3 | 1,8 | 2,6 | 4,4 | 8,8 | 18 |

*) Линейные размеры (в мм), соответствующие дуге в 1° на небесной сфере, и дуги, соответствующие 1 мм на пластинке в фокусе объектива с фокусным расстоянием f (см); линейные размеры дисков Луны и Солнца ($30'$) в мм .

Таблица 4

Характеристики искателя-гида *)

| | | | | | | | | |
|--|----|----|------|------|------|------|------|-----|
| Фокусное расстояние объектива камеры, см | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 |
| Точность гидировки | 2' | 1' | 0',7 | 0',5 | 0',3 | 0',2 | 0',1 | 3" |
| Фокусное расстояние искателя, см | 20 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 150 | 200 |
| Минимальное увеличение | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 |

*) Предельные допустимые угловые ошибки гидирования для получения четких звездных изображений (размером в 30 — 50 мк) как функция фокусного расстояния объектива фотокамеры; соответствующие фокусные расстояния гида и минимальное увеличение.

Таблица 5

Число звезд на квадратный градус *)

| Галактическая широта | | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 60° | 90° |
|----------------------|--------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| Звездные величины | 10 ^m ,0 | 7,7 | 6,1 | 4,4 | 3,5 | 2,8 | 2,2 | 1,8 |
| | 12,0 | 55 | 42 | 30 | 23 | 18 | 13 | 10 |
| | 14,0 | 370 | 270 | 176 | 125 | 94 | 61 | 44 |
| | 16,0 | 2 140 | 1 550 | 870 | 560 | 396 | 236 | 163 |
| | 18,0 | 10 200 | 7 480 | 3 620 | 1 990 | 1 310 | 730 | 480 |

*) Среднее число равных по блеску или более ярких звезд, подсчитанное для различных фотографических звездных величин на площади в один квадратный градус, как функция галактической широты (по данным Ф. Сирса).

Таблица 6

Атмосферное поглощение *)

| | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Высота | 90° | 60° | 45° | 30° | 25° | 20° | 15° | 10° |
| Потеря блеска | 0 ^m ,0 | 0 ^m ,1 | 0 ^m ,2 | 0 ^m ,5 | 0 ^m ,7 | 1 ^m ,0 | 1 ^m ,5 | 2 ^m ,5 |

*) Средняя потеря блеска (в фотографических звездных величинах) как функция высоты над горизонтом для ясного неба на равнине.

ДОПОЛНЕНИЕ

АСТРОГРАФ БЕЗ ВЕДУЩЕЙ ТРУБЫ

Ниже описывается устройство астрографа без часового механизма и даже без ведущей трубы-гида. Эта конструкция была впервые осуществлена в 1943 г. Б. А. Воронцовым-Вельяминовым и с тех пор с успехом применялась любителями. Она требует только наличия фотокамеры. Такой астрограф позволяет снимать звездное небо с длинными выдержками, совсем на него не глядя!

Идея данного астрографа заключается в том, что ввиду короткого фокусного расстояния его вращение вслед за суточным движением неба может быть не очень точным. Оно может даже производиться небольшими скачками так, чтобы за промежутки между поворотами изображения звезд смещались на пластинке не больше чем на 0,025 мм.

На рис. 51а дана схема астрографа, выполненного из дерева.

Основу прибора составляет доска с тремя шурупами 1 для установки ее горизонтально по круглому уровню или иначе. К ней под углом, дополняющим географическую широту до 90° , прикреплена доска 2, поддерживаемая стойкой. К наклонной доске сбоку прикреплен вертикально треугольник 3; сторону АВ треугольника визируют на Полярную звезду, тем самым устанавливая прибор в меридиане.

Толстая полярная ось 4 из дерева плотно вставлена в шарикоподшипник 5, прикрепленный к доске. Она свободно проходит через отверстие в доске под этим подшипником. К верхнему торцу полярной (часовой) оси привинчена широкая деревянная вилка 6. В ней на оси склонения 7 вращается П-образная деревянная рама 8, в которой укреплена камера 9 астрографа. Под вил-

кой 6, или на ней, укреплена крестовина 10 с винтами 11, на которые надевается груз для натягивания ведущей ленты.

С осью склонения скреплен фанерный круг склонения 12, закрепляемый в нужном положении зажимом 13.

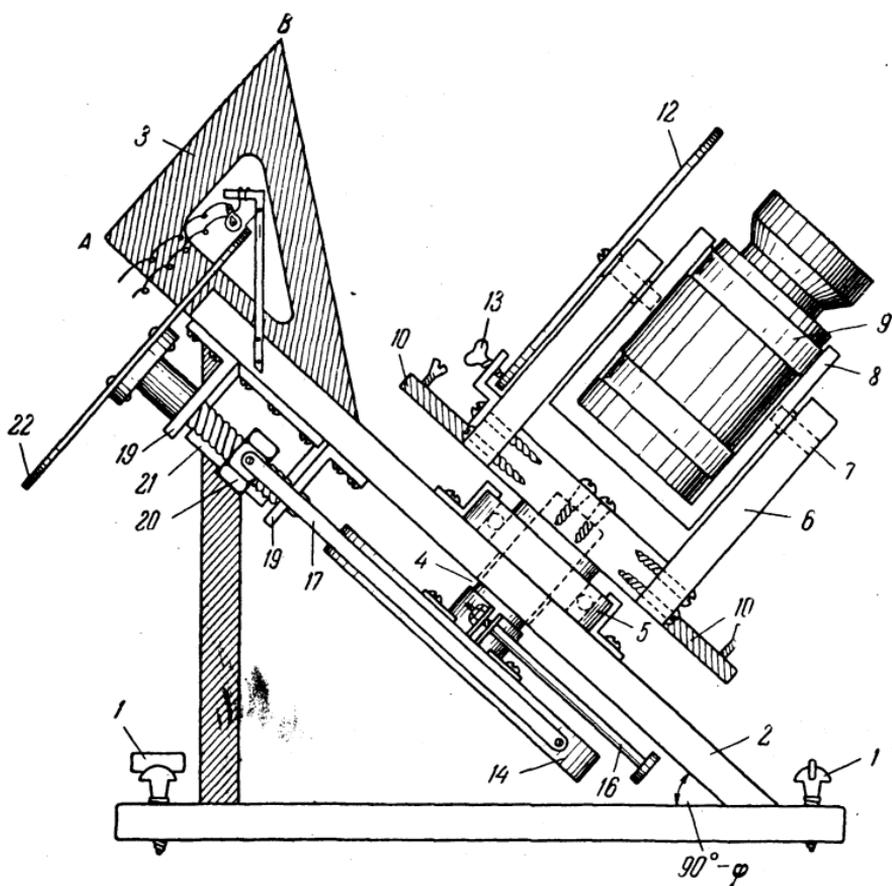


Рис. 51а. Конструкция астрографа.

Круг разделен на градусы или же на нем устанавливаются два транспортира так, чтобы при камере, направленной на полюс, отсчет был $+90^\circ$.

Нижним концом полярная ось упирается в ведущий круг 14 (рис. 51а и б), на котором жестко укреплен хомут 15, надеваемый свободно на ось. Хомут стягивается винтом 16. Для удобства винт 16 должен быть очень длинным. К кругу прикреплен конец ленты 17, сматываемый с круга винтом 18. Этот винт должен быть

расположен в плоскости круга и вращаться без люфта (!) в стойках (подшипниках) 19, сделанных из жести. В нашей конструкции был использован становой винт теодолита с шагом 2 мм (шаг надо определить *очень точно*). В качестве ведущего круга 14 можно использовать толстую доску круглого лабораторного столика диаметром 20 см (такие столики продаются в магазинах учебных пособий и лабораторного оборудования). Ленту 17 лучше брать из тонкой стали, но можно использовать даже ленту от пишущей машинки. Натяжение ленты обеспечивается не показанным на рис. 51а грузом, который каждый раз надо помещать к востоку или западу от оси вращения инструмента.

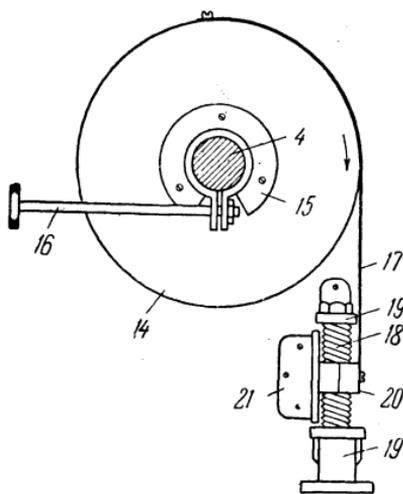


Рис. 51б. Ведущий круг.

Гайка 20 свободно скользит по винту, прижимаясь одной гранью к направляющей 21, согнутой из жести. На головку винта надет фанерный или картонный круг 22 около 20 см диаметром с делениями (см. ниже). Вид П-образной доски с камерой 9 и устройство оси склонения и ее крепления показаны на рис. 51в.

Установив штатив на табуретке или крыльце по меридиану, камеру поворачивают на нужную область (можно по отсчету круга склонения). После этого, освободив хомут и придерживая ведущий круг от падения с часовой оси, поворачивают камеру на нужный часовой угол — на светило. Удерживая камеру в этом положении, поворачивают ведущий круг, пока не натянется лента. Потом зажимают хомут и в подходящем месте надевают на крестовину груз, натягивающий ленту.

Расчет поворотов винта. За секунду звездного времени экваториальная звезда смещается на $1^{\circ} : 239$. Поворот на 1° при фокусном расстоянии камеры F составляет $F/57$ мм на фотопленке (пластинке). За 1 сек смещение будет $F : 57 : 239 = F : 13\,623$ мм. Чтобы смещение не превышало 0,025 мм, астрограф должен оставаться

неподвижным не более чем $0,025 : (F/13\ 623) = 341 : F$ сек. При $F=100$ мм это время t между поворотами составляет 3,4 сек, при $F=50$ мм 6,8 сек и т. д. При заранее известном времени начала экспозиции можно составить табличку моментов времени, в которые надо поворачивать круг 22. Например, при начале фотографирования в 8 час. 15 мин. 0 сек. круг надо поворачивать (при

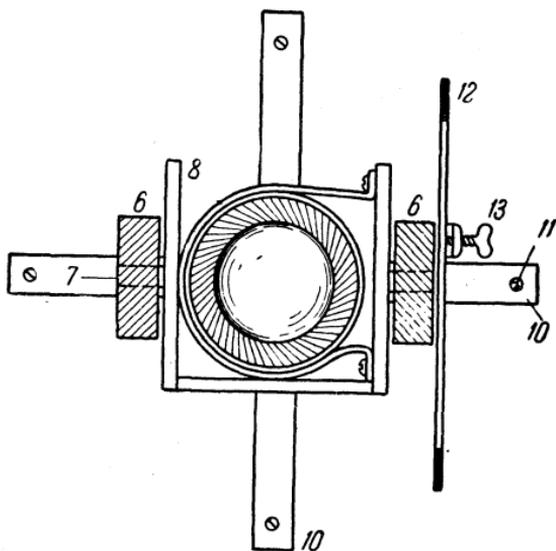


Рис. 51в. Деталь крепления астрографа.

$F=50$ мм) в 8 час. 15 мин. 07 сек., 8 час. 15 мин. 14 сек., 8 час. 15 мин. 20 сек., 8 час. 15 мин. 27 сек. и т. д. (секунды округляются).

Если R — радиус ведущего круга, h — шаг винта и n — доля оборота, на которую винт надо поворачивать через каждые t секунд, то $2\pi R : (h/n) = 86\ 164 : t$, где 86 164 — число средних секунд в звездных сутках.

Если h дано, а величиной t мы задаемся, то чтобы n составляло удобную долю окружности, например, $1/60$ (т. е. 6°), радиус круга R надо вычислить по этой формуле. Его окружность разделить на n равных частей и до соответствующих меток поворачивать круг через каждые t секунд. Это нетрудно даже при морозе.

Если пользоваться готовым ведущим кругом, то n , вероятнее всего, окажется не целым числом. Если $R=100$ мм и $h=2,0$ мм (эту величину надо определить

очень точно) и мы зададимся значением $t=5$ сек, то из формулы следует, что $n=54,85$ и через каждые 5 сек винт надо поворачивать на $6^{\circ},5603$. Придется вычислить много углов, кратных этой величине, и отметить их все на круге 22, округляя каждый до ближайшего градуса. Но нельзя за угол поворота сразу принять округленное значение $6^{\circ},5$, так как ошибка будет накапливаться и уже через 4 минуты экспозиции, прежде чем винт сделает один оборот, ошибка достигнет 3° , а через 40 минут 30° . Соответственно изображение звезды размажется в черточку длиной $30^{\circ} : 6^{\circ},5 \dots$, т. е. около 0,1 мм, что недопустимо.

БИБЛИОГРАФИЯ

- Рюдо Л., *Астрономия на основе наблюдений*, перев. с франц., ОНТИ, 1935.
- Навашин М. С., *Телескоп астронома-любителя*, Физматгиз, 1962.
- Навашин М. С., *Инструкция к изготовлению самодельного рефлектора*, Изд-во АН СССР, 1949.
- Катасев Л. А., *Фотографические методы метеорной астрономии*, Гостехиздат, 1957.
- Новиков И. Д. и Шишаков В. А., *Самодельные астрономические инструменты и наблюдения с ними*, «Наука», 1965.
- Цесевич В. П., *Что и как наблюдать на небе*, изд. 3-е, Физматгиз, 1963.
- Чикин А. А., *Астрономическая труба из очковых стекол*, изд. 3-е, Гостехиздат, 1932.
- Любительское телескопостроение*, вып. 1. Сб. статей, «Наука», 1964.
- Димитров Г. и Бэкер Д., *Телескопы и принадлежности к ним*, перев. с англ., Гостехиздат, 1947.
- Максutow Д. Д., *Изготовление и исследование астрономической оптики*, Гостехиздат, 1948.
- Яштольд-Говорко В., *Руководство по фотографии*, изд. 2-е, Госкиноиздат, 1948.
- Краткий фотографический словарь*, «Искусство», 1956.
- Куликовский П. Г., *Справочник любителя астрономии*, изд. 3-е, Физматгиз, 1961.
- Астрономический Календарь. Постоянная часть*, изд. 5-е, Физматгиз, 1962.
- Астрономический Календарь (ежегодник). Переменная часть*. Подготавливается ЦС ВАГО, выпускается Изд-вом «Наука».
- Михайлов А. А., *Звездный атлас. Четыре карты звездного неба до 40° южного склонения, содержащие все звезды до 5 $\frac{1}{2}$ величины*, изд. 3-е, Изд-во АН СССР, 1958, 14 стр.+4 карты.
- Михайлов А. А., *Звездный атлас, содержащий для обоих полушарий все звезды до 8,25 величины*, изд. 2-е, Гостехиздат, 1957, 60 стр.+20 карт.
- Карта Луны*, сост. И. И. Катяев (ВАГО), «Наука», 1966.
- Журнал «Земля и Вселенная»*, Изд-во АН СССР (шесть номеров в год).
- Бюллетень ВАГО, «Наука», периодические сборники (публикуются статьи об инструментостроении и работах любителей); с 1967 г. их заменил новый ежеквартальный журнал «Астрономический вестник».
- Могилко А. Д., *Учебный звездный атлас*, Учпедгиз, 1958.
- Сборники «Телескопостроение»*, изд. ВАГО, вып. 1, 1964, вып. 2, 1965.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---------------------------|---|
| От издательства | 4 |
| Введение | 5 |

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

АСТРОФОТОГРАФИЯ ПРИ ПОМОЩИ ОБЫЧНЫХ АППАРАТОВ

| | |
|---|----|
| Глава I. <i>Аппараты неподвижные или на азимутальном штативе</i> | 10 |
| 1. Штативы и суппорты для аппаратов (10). 2. Фокусировка на бесконечность (11). 3. Регулировка перпендикулярности пластинки к оптической оси (14). 4. Фотографирование Солнца, Луны и затмений (15). 5. Фотографирование звезд, планет и метеоров (18). | |
| Глава II. <i>Аппараты на экваториальной установке</i> | 23 |
| 6. Принцип экваториала (23). 7. Осуществление простой экваториальной установки (23). 8. Ведущая труба-гид (26). 9. Практика гидирования (27). 10. Фотографирование звезд (28). | |

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

АСТРОФОТОГРАФИЯ ПРИ ПОМОЩИ СПЕЦИАЛЬНЫХ АППАРАТОВ

| | |
|---|----|
| Глава III. <i>Короткофокусные камеры</i> | 33 |
| 11. Короткофокусные объективы (фокусное расстояние от 10 до 20 см) (33). 12. Монтаж камеры (34). 13. Применение короткофокусных камер (35). | |
| Глава IV. <i>Камеры среднего фокусного расстояния</i> | 37 |
| 14. Объективы среднего фокусного расстояния (от 20 до 100 см) (37). 15. Выбор объектива (40). 16. Монтаж камеры (42). 17. Установка на экваториале и перемещение его (43). 18. Применение камер со средним фокусным расстоянием (48). | |

| | |
|---|----|
| Глава V. Длиннофокусные камеры | 53 |
| 19. Длиннофокусные объективы (фокусное расстояние от 100 до 200 см) (53). 20. Монтаж камеры, фотографирующей в фокусе (55). 21. Монтаж внефокальной увеличительной камеры (56). 22. Применение длиннофокусных камер (61). | |

| | |
|--|----|
| Глава VI. Фотографические телескопы | 67 |
| 23. Преимущества рефлекторов (67). 24. Основные типы фотографических рефлекторов (69). 25. Сборка и монтировка телескопов (73). 26. Обзор применений рефлекторов (77). | |

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

ТЕХНИКА АСТРОФОТОГРАФИИ

| | |
|--|----|
| Глава VII. Обработка негативов и изготовление отпечатков | 83 |
| 27. Проявление (83). 28. Исправление недостатков (84). 29. Получение копий и отпечатков (85). 30. Увеличение (86). 31. Выбор бумаги (89). 32. Регистрация и хранение негативов (91). | |

ПРИЛОЖЕНИЕ

ТАБЛИЦЫ И ЧИСЛОВЫЕ ДАННЫЕ

| | |
|--|----|
| Табл. 1. Предельные звездные величины | 93 |
| Табл. 1а. Предельные выдержки | 93 |
| Табл. 2. Выдержки и предельные звездные величины | 94 |
| Табл. 3. Масштаб изображений | 94 |
| Табл. 4. Характеристики искателя-гида | 95 |
| Табл. 5. Число звезд на квадратный градус | 95 |
| Табл. 6. Атмосферное поглощение | 95 |

ДОПОЛНЕНИЕ

| | |
|---------------------------------------|-----|
| АСТРОГРАФ БЕЗ ВЕДУЩЕЙ ТРУБЫ | 96 |
| БИБЛИОГРАФИЯ | 101 |

Ж. Вокулер, Ж. Текберд
ФОТОГРАФИРОВАНИЕ НЕБЕСНЫХ
ТЕЛ

(для любителей астрономии)

М., 1967 г., 104 стр. с илл.

Редактор Г. С. Куликов

Техн. редактор С. Я. Шкляр

Корректор А. Ф. Серкина

Сдано в набор 10/1 1967 г. Подписано к печати 25/V 1967 г. Бумага 84×108¹/₃₂.
Физ. печ. л. 3,25+0,25 п. л. вкл. Условн. печ. л. 5,88. Уч.-изд. л. 5,4.
Тираж 15 000 экз. Цена книги 29 коп. Заказ № 580.

Издательство «Наука»

Главная редакция физико-математической
литературы.

Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

Ленинградская типография № 2 имени Евгении Соколовой
Главполиграфпрессы Комитета по печати при Совете Министров
СССР, Измайловский проспект, 29.



Фото I. Большая комета 1948 г., сфотографированная неподвижным аппаратом «Лейка». Объектив «Эльмар» со светосилой $1/3,5$ и фокусным расстоянием 50 мм. Выдержка 25 сек. Снимок доктора Ля Паза 13 ноября 1948 г. на станции Сандия Маунтенс около Албукерка (Нью-Мексико).

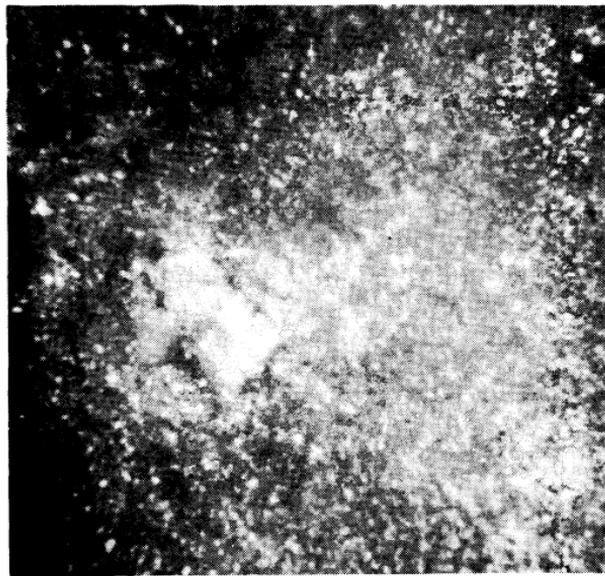


Фото II. Млечный Путь в Лебеде и туманность Америка. Сфотографировано аппаратом «Лейка» с объективом «Зуммар» Лейтца при светосиле $1/2$ и фокусном расстоянии 50 мм. Пленка «Плюс X», выдержка 20 мин. (увеличено в четыре раза).

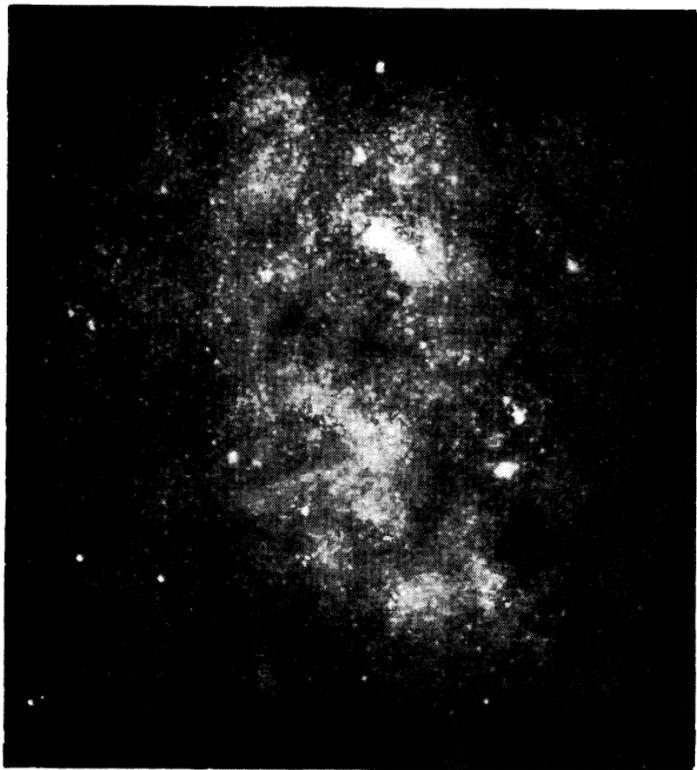


Фото III. Млечный Путь в Стрельце. Фотография вблизи южного горизонта Парижа показывает влияние атмосферного поглощения. Объектив «Стилор» Руссела с фокусным расстоянием 210 мм и светосилой 1/4,5, пластинка «Суперфульгур», выдержка 1 час 5 мин.

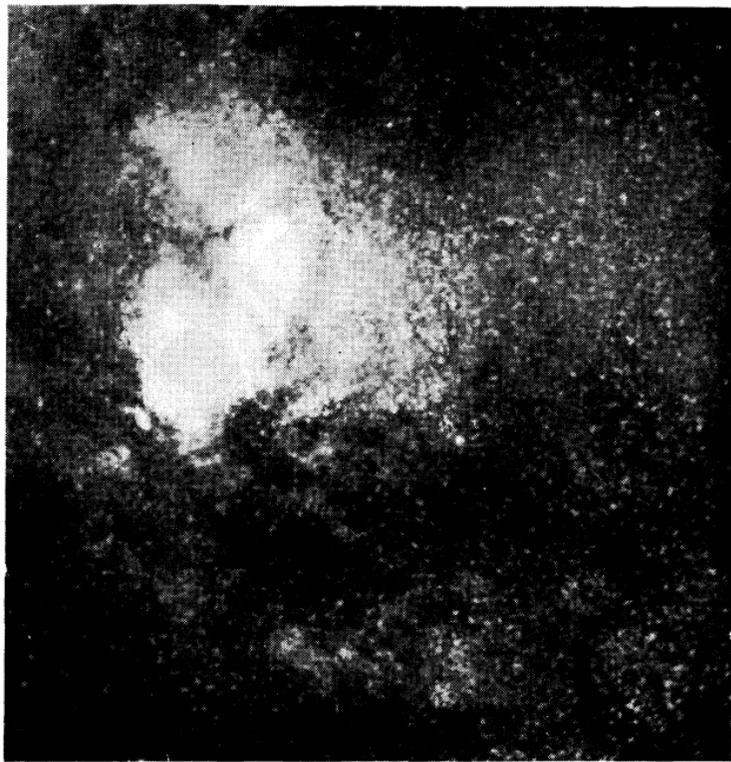


Фото IV. Звездное облако в созвездии Щита в Млечном Пути. Снимок короткофокусной камерой, снабженной конденсором. Выдержка 1 час.

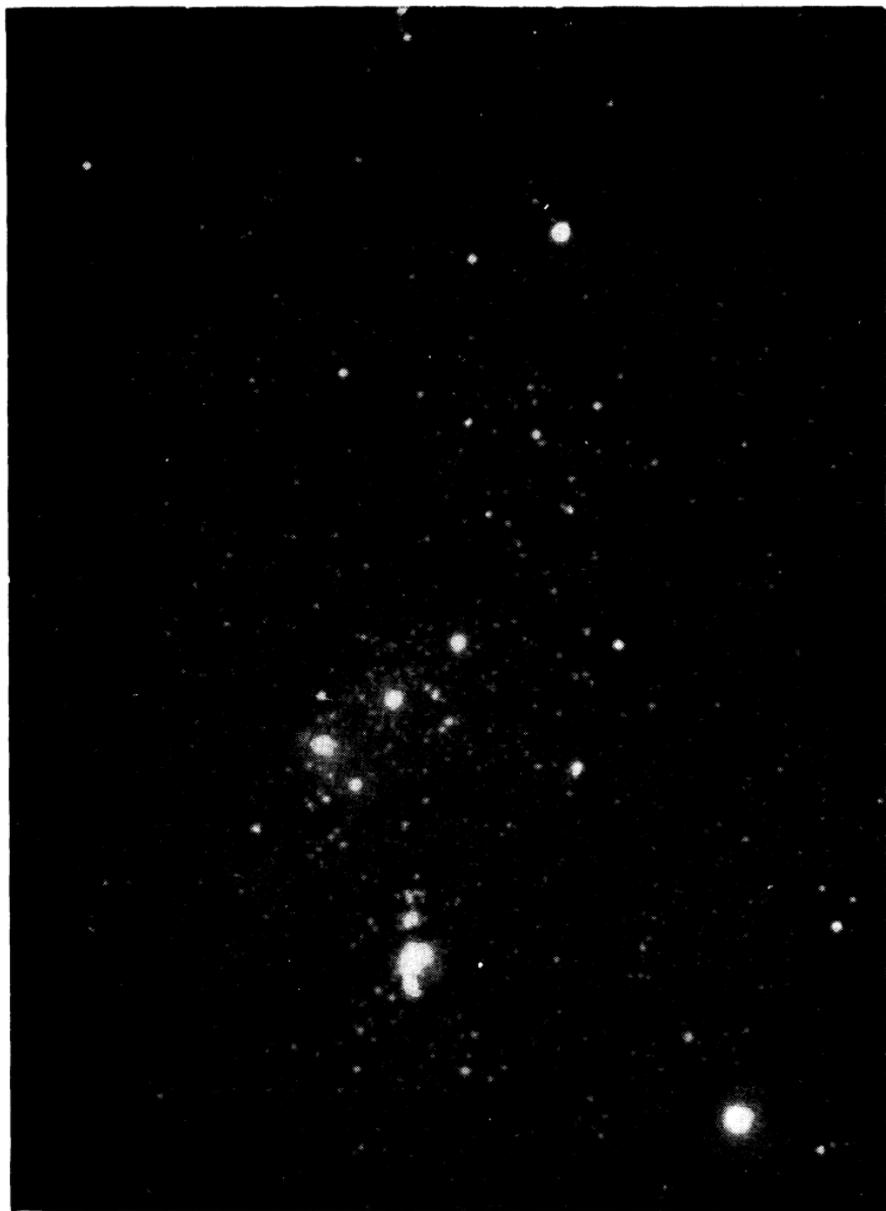


Фото V. Созвездие Ориона, сфотографированное Тексеро в 1949 г. камерой с объективом «Стеллор» Бертио 210 мм, 1/4,5; пластинки «Суперфульгур», выдержка 1 час (увеличение 2×).

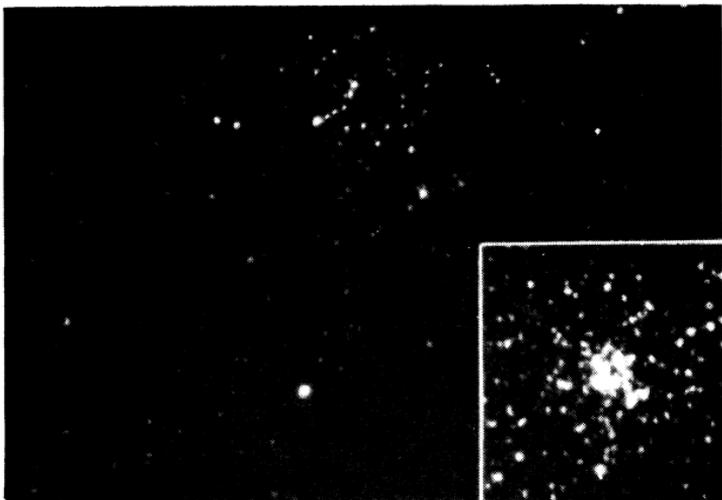


Фото VI. Рассеянное скопление Мессье 35 в Близнецах, сфотографированное с помощью двух объективов: «Стеллор» Бертио 210 мм, 1/4,5, пластинка «Суперфульгур», выдержка 1 час (увеличение 5×). Снимок Мэнежа, 1930 г.; объектив Дальмейера, отверстие 16 см, фокусное расстояние 1,39 м, пластинка «Опта», выдержка 57 мин. (увеличение 2,3×). Снимок Ж. Тексеро, 1949 г.



Фото VII. Туманность Андромеды М31, сфотографированная объективом Петцваля, отверстие 153 мм, фокусное расстояние 1,02 м, пластинка «Суперфульгур», выдержка 1 час 30 мин. (увеличение 1,8×). Снимок Ж. Тексеро, 1938 г.



Фото VIII. Большая туманность Андромеды Мессье 31, сфотографированная объективом «Стеллор» Бертио 210 мм, 1/4,5 пластинка «Суперфульгур», выдержка 1 час (увеличение 4×). Снимок Ж. Тексеро, 1949 г.



Фото IX. Фотография кометы, Икейя — Секи. Снята Мак-Клюром в США 31 окт. 1965 г фотокамерой «Контакт», $f = 35$ мм. Выдержка 12 сек.



Фото X. Большая туманность Америка в созвездии Лебедя, сфотографированная телескопом Шмидта (30 см, $f/D = 1,98$) обсерватории Верхнего Прованса. Оптика Андрэ Кудера. Снимок 19 июля 1952 г. Ж. Тексеро, выдержка 15 мин. Пленка «Портрэ-фильм» 103а0 (Истмэн Кодак).



Фото XI. Фотография Млечного Пути. Получена советским любителем астрономии С. И. Сориным (Баку). Фотоаппарат «Зоркий», объектив 5 см, $1/3,5$. Выдержка ~20 мин.

Цена 29 к.

2.

10