

Как я строил телескоп и что из этого получилось

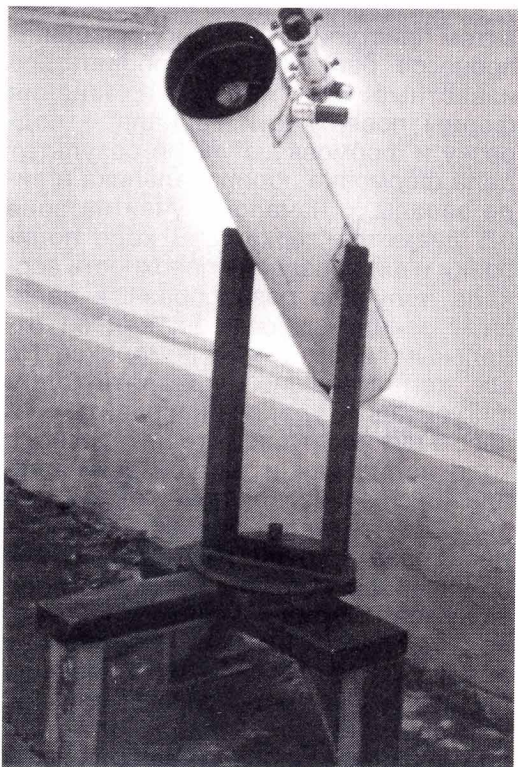
Существуют очень хорошие и подробные инструкции о том, как самому сделать телескоп, но почти не встречаются рассказы о том, как же конкретно создавались телескопы любителями астрономии, какие проблемы при этом возникали. И мне захотелось

поделиться опытом моей работы по строительству телескопа.

Сразу же скажу, что у меня получился неплохой телескоп-рефлектор по оптической схеме Ньютона. Диаметр главного параболического зеркала – 165 мм, фокусное расстояние – 1080 мм, относительное отверстие – 1:6,55.

Перед началом работы у меня были две стеклянные заготовки одинакового диаметра, одна послужила шлифовальником, другая – будущее зеркало. Шлифовка и полировка зеркала производилась вручную на простейших приспособлениях в виде вращающегося столика, нижнее неподвижное основание которого крепилось к устойчивому столу. Так как заготовка имела толщину всего 12,5 мм, недостаточную для стекла диаметром 165 мм, предусматривалось разгрузочное приспособление на 6 равноудаленных точек, что, в окончательном варианте, используется в оправе главного зеркала готового телескопа.

Для ускорения первой стадии грубой шлифовки – обдирки, применялось толстостенное металлическое кольцо подходящего диаметра. Шлифующим материалом был абразивный порошок – электрокорунд белый (ЭБ) №№ 25, 12,6 и 4. Для тонкой шлифовки я подготовил из выработанного при грубой шлифовке абразива минутники: 15, 30, 60 и 120 минутные фракции. Более сильное давление использовал при грубой шлифовке, при тонкой – уменьшал давление в несколько раз.



Телескоп. Общий вид на установке



Контроль качества шлифованной поверхности осуществлялся с помощью сильной лупы и в отраженном свете косо падающих на зеркало лучей от лампы дневного света.

На первых порах не все проходило гладко, особенно на стадиях тонкой шлифовки, приходилось возвращаться к перешлифовке более крупными фракциями абразива из-за появления царапин и отклонений формы поверхности от сферической (при шлифовке надо добиваться формы поверхности, близкой к сфере). Чтобы избежать этого, регулировал изменение давления на зеркало при обработке, а также повторно отмучивал приготовленные минутники. Все же удалось добиться желаемого результата и перейти к полировке.

В качестве полировальника служил выполнивший свое первоначальное предназначение шлифовальник, выпуклая сторона которого покрывалась слоем полировочной смолы. Расплавленная и остуженная до густоты жидкой сметаны полировочная смола, состоящая из смеси битума и канифоли, наливалась на подготовленный шлифовальник, установленный выпуклой стороной вверх. Затем в застыв-

шей смоле паяльником со специальным наконечником из жести прорезались канавки для циркуляции полирита и производилась формовка смоченным в теплой воде зеркалом. Для испытаний зеркала применялся самодельный теневой прибор, работающий на основе метода Фуко. Чтобы повысить точность измерений, необходимых при испытаниях параболического зеркала по зонам, в теневом приборе была предусмотрена установка индикатора часового типа (ИЧС) с ценой деления 0,01 мм.

В ходе полировки пришлось отказаться от давления на зеркало вообще, так как не удавалось добиться равномерного давления от рук, а это приводило к ошибкам поверхности. Полностью отполировать зеркало удалось примерно за 50 часов работы, затем приступил к его фигуризации. В процессе работы перепробовал все известные мне методы изменения формы поверхности зеркала – подрезку и формовку. Лучший результат дала формовка полировальника в виде звезды, с началом лучей на зоне 0,5 диаметра зеркала. В ходе полировки и фигуризации поверхность зеркала получала разнообразные варианты зональных ошибок, как по отдельным видам, так и в комплексе. Но все же, научившись управлять ходом фигуризации, удалось направить процесс в нужное русло. Что интересно, в ходе полировки и фигуризации идеальная сферическая поверхность, без видимого теневого рельефа, получалась раза четыре. Наконец, после 35 часов фигуризации была достигнута нужная форма поверхности – плавная, без резких изломов. Продольная aberrация оказалась чуть меньше расчетной, но в пределах допуска. Это означает, что зеркало плавно и симметрично ушло от сферической формы, но слегка не дошло до параболической, что практически не сказалось на качестве изображения.

Труба телескопа сделана из кро-

вельной стали толщиной 0,5 мм. Для увеличения жесткости внутрь вставлены три алюминиевых кольца от старых кастрюль. Длина трубы – 1130 мм, внутренний диаметр – 188 мм, что обеспечивает необходимый линейный поперечник поля зрения без виньетирования – 23 мм.

Для отклонения лучей, отраженных от зеркала в окулярную трубку, применяется призма AP-90 с размерами катетов 48 × 48 мм, что соответствует критерию Релея для сохранения невозмущенной дифракционной картины: $R_{\text{экр}} < 11\%$.

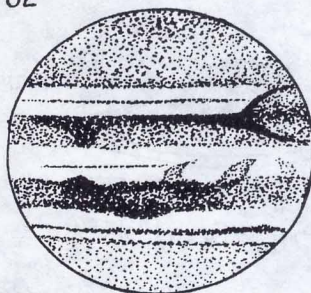
Окулярный узел собран на базе фокусирующего механизма и тубуса от старого фотоаппарата ФЭД.

Из имеющихся линз и клееных ахроматических пар удалось сконструировать три окуляра по симметричной схеме. Фокусные расстояния их 30,8, 15 и 8 мм, линейные поперечники поля зрения (полевые диафрагмы) – 22,7, 10,5 и 5,4 мм. Увеличения телескопа с этими окулярами 35 \times , 72 \times и 135 \times соответственно, поля зрения – 1 $^{\circ}$ 12', 33' и 18'.

На телескопе, вблизи окулярной трубки, укреплен самодельный искатель с диаметром объектива 38 мм и фокусным расстоянием 210 мм. Самодельный окуляр, собранный по схеме Кельнера из готовых линз, дает увеличение искателя 6 \times и поле зрения 4 $^{\circ}$ 30'. Окуляр имеет крест нитей из тонкой проволоки для точного наведения на объект, а также небольшое диагональное зеркало, отражающее лучи на угол в 90 $^{\circ}$.

Монтировка телескопа сделана азимутальной по простой схеме Добсона. У меня нет возможности разместить телескоп стационарно. Поэтому и пришлось выбрать несложную монтировку, которую можно выносить во двор для наблюдений и в то же время иметь надлежащую жесткость. Основание (станина) установки изготовлена из двух толстых досок, скрепленных между собой в виде буквы Т. Снизу основания укреплены три опоры из дерева, т.е. верхняя плоскость станины расположена на высоте 35 см над землей. На станине укреплен стер-

$T_M = 0^h 02^m$

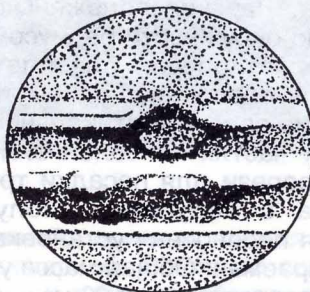


24.08.97₂

$\Gamma_T : 135^{\times}$

Зарисовка Юпитера

$T_M = 0^h 50^m$



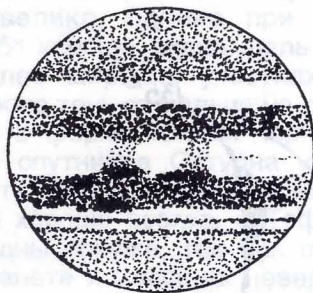
24.08.97₂

$\Gamma_T : 135^{\times}$

Зарисовка Юпитера

24.08.97₂

135 \times

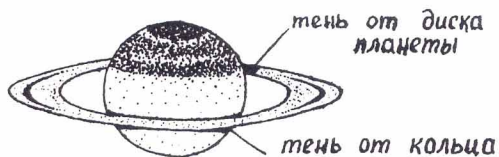


$T_M = 23^h 39^m$

Зарисовка Юпитера

1.12.97г.

135x

Сатурн. $T_m = 19^h 45^m$

жень – вертикальная ось; на нее надевается металлический диск диаметром 33 см – платформа вилки. Вилка сварена из стального уголка № 45 с ребрами жесткости и приварена к диску. Диск опирается на три шара от подшипника, вставленные в специальные гнезда на верхней плоскости станины. Шары расположены симметрично по окружности радиусом 12 см. Они служат опорой для платформы вилки и обеспечивают ее плавное вращение вокруг вертикальной оси. В верхних частях консолей вилки сделаны прорезы для посадки трубы телескопа с полуосями. Получилась удобная переносная установка, быстро собираемая. Общая масса установки и телескопа около 20 кг.

Первые испытания телескопа (апрель 1997 г.) показали хорошее качество оптики. Проницающая сила – до $12,6^m$, разрешающая способность при хороших атмосферных условиях – около $1''$. В телескоп можно видеть много деталей на Луне. При пробных наблюдениях Марса в мае были хоро-

26.11.97г.

 $F = 0,37$ $\theta = 33''$

135x

Венера. $T_m = 16^h 05^m$

Зарисовка Сатурна

шо видны северная полярная шапка, темные пятна морей; уверенно различались их контуры, хотя угловой диаметр Марса в этом месяце был всего $10''$.

Неплохо видны многие галактики, туманности и звездные скопления. Очень эффектно выглядят скопления галактик в созвездиях Девы и Волос Вероники. Особенно впечатляют галактики M81 и M82, когда в поле зрения окуляра с малым увеличением ($35\times$), они видны одновременно. При увеличении $72\times$ весьма выразительно смотрится кольцо планетарной туманности в созвездии Лиры, а края шарового скопления M13 в созвездии Геркулеса уверенно разрешаются на звезды.

При наблюдениях Луны и планет желательно большое увеличение. Обычно применял $72\times$ или $135\times$ (в зависимости от атмосферных условий). Иногда атмосфера была настолько спокойной, что можно было бы наблюдать и при больших увеличениях. Я пробовал применить одиночную отрицательную линзу в качестве линзы Барлоу, но особого успеха не добился. Хотя увеличение возрастало до $200\times$, качество настолько ухудшалось, что наблюдения становились невозможными.

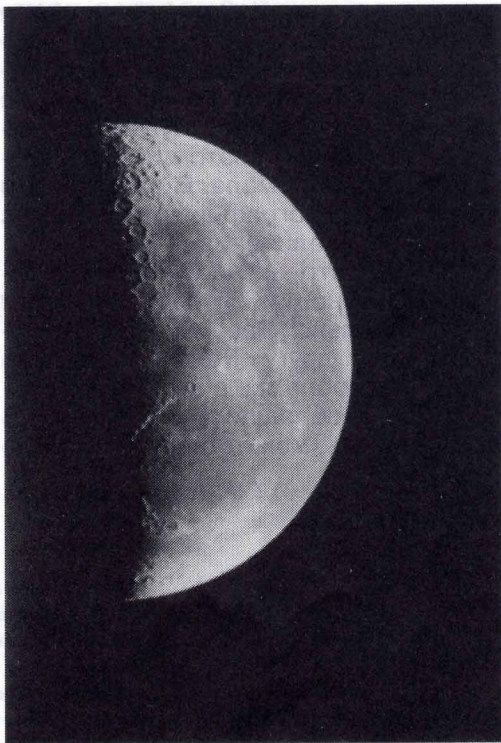
В 1997 году я посвятил много времени наблюдениям Юпитера и Сатурна, особенно явлениям в системе спутников Юпитера. При увеличении $135\times$ очень хорошо видны тени от спутников Юпитера на поверхности планеты, когда спутники проходят перед ее диском. При особо хороших условиях можно увидеть силуэт Ганимеда на светлом фоне облачного покрова Юпитера. Остальные спутники можно различать лишь на краях диска при прохождении их перед планетой, затем их блеск сливается с блеском облачного покрова Юпитера. Основы-

Зарисовка Венеры

ваясь на своих наблюдениях, я рассчитывал периоды обращения спутников и строил графики конфигураций спутников относительно планеты на последующее время, при этом периодически сверял расчеты с наблюдениями.

Любопытное явление удалось пронаблюдать 14 сентября при прохождении Ганимеда перед диском Юпитера. В 21 ч 05 мин (время московское) был виден силуэт Ганимеда на фоне Юпитера. В это же время из тени Юпитера вышел другой спутник – Ио, который через 40 минут стал постепенно “гаснуть”, уменьшив блеск до $9,5^m$ – 10^m . Солнечное затмение на Ио, вызванное Ганимедом, продолжалось 20–30 с и, по-видимому, было частным. В 22 ч 46 мин тень Ганимеда появилась на диске Юпитера, а сам спутник сошел с диска планеты в 22 ч 57 мин. Ио к этому времени уже ушел на приличное расстояние от планеты.

На поверхности Юпитера при нормальных атмосферных условиях хорошо различимы детали, изображенные на рисунках. Очень интересно следить за изменением интенсивности полос, их цвета, а также за цветом и формой южного тропического возмущения. За все время наблюдений, с мая по сентябрь, это пятно было овальной формы, светло-розового цвета, обрамлено более темным кольцом облачного покрова коричневатого цвета разной интенсивности: тропические полосы светло- и темно-коричневого цвета, при этом северная выглядит темнее и чуть уже южной. В них наблюдаются детали в форме темных и белых сгустков, линий. Между тропическими полосами, в светлой экваториальной зоне, иногда наблюдаются мостики и перемычки, а также едва уловимая тонкая темная полоска, пересекающая экватор. Между северной тропической полосой и полярной шапкой в умеренной зоне хорошо видна тонкая темная полоса, гораздо уже тропических. Полярные шапки выглядят светлее полос, цвет – серо-



коричневый, причем южная видна лучше северной. В южной полярной шапке периодически наблюдалось какое-то расслоение в виде тонкой белой полоски, чаще появляющейся перед выходом южного тропического возмущения из-за края диска.

На диске Сатурна также видны некоторые детали: южная полярная шапка и отделенная небольшим промежутком от нее полоса коричневого цвета. Раскрытие кольца в этом году невелико, однако при увеличении $135\times$ хорошо видна щель Кассини на более широких участках кольца, а также тень от кольца на диске планеты в форме тонкой черной ниточки. Из спутников Сатурна удалось увидеть только четыре: Титан и Рея видны хорошо всегда, а Тетис и Диона видны похуже, так как они ближе к планете и блеск их невелик ($10,3^m$ и $10,4^m$).

Готовясь к наблюдению лунного затмения 16 сентября, я приспособил фотоаппарат “Мир” для съемок в главном фокусе, но, к сожалению, не

повезло с погодой. Затмения я так и не увидел. В последующие ночи сделал несколько пробных снимков Луны, кое-какие детали на них видны, но масштаб мал. Диаметр Луны на снимках всего 10 мм, поэтому разрешающая способность мала. В дальнейшем планирую фотографировать Луну с окулярным увеличением.

Полагаю, что не так уж много любителей астрономии строят телескопы самостоятельно. Все мы должны помогать друг другу. Если у кого-либо появятся проблемы, в которых я смогу помочь, обращайтесь ко мне. В свою очередь, может быть кто-то мне

может сказать, где достать ахроматическую отрицательную склейку для использования ее в качестве линзы Барлоу. Знаю, что подобные линзы применяются в телескопах "Алькор" и "Мицар", но их, по-видимому, отдельно не приобрести. А мне хотелось бы использовать полностью допустимую эффективность телескопа. Для 165-мм зеркала предельное разрешающее увеличение может достигать 235 \times .

*ПЕКУР СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ
352700 Адыгея, г. Майкоп
ул. Ленина, 87, кв. 1*

Информация

Метеоритный кратер под водой

В 1981 г. американская экспедиция на борту научно-исследовательского судна "Элтанин" обнаружила на дне моря Беллингаузена кратерную структуру, явно вызванную падением крупного небесного тела. Она получила название по имени корабля открывшей ее экспедиции. В 1995 г. здесь было произведено бурение и взяты об-

разцы геологических пород. Через два года сотрудник Института полярных и морских исследований в Бремерхафене (Германия) Р. Герзонде завершил исследование и произвел расчеты явления.

Ученый вычислил, что кратер мог возникнуть при падении астероида диаметром ок. 1 км в морской бассейн глубиной ок. 5 км. При этом в воде образовалась воронка диаметром ок. 20 км, а волна по ее краю достигала высоты до 4 км. Вследствие этого к тихоокеанским берегам Южной Америки подошла волна цунами высотой 20-40 м, которая, надвигаясь на мелководье, достигла 1000 м над уровнем моря.

Но наибольший эффект столкновение с астероидом могло вызвать на берегах Антарктиды. Р. Герзонде утверждает, что обнаруженные в Сухих долинах Антарктиды ископаемые остатки диатомовых водорослей – следы падения "элтанинского" небесного тела. Водоросли были заброшены сюда волной цунами. Большинство специалистов связывает появление диатомовых водорослей в Антарктиде с потеплением климата в эпоху плейстоцена (3-5 млн лет назад). Возможно, теперь им придется пересмотреть историю антарктического оледенения.

New Scientist, 1997, 156, 11

Что нового на Юпитере?

Около 60 лет назад астрономы обнаружили, что на Юпитере, кроме **Большого Красного пятна**, есть еще три пятна поменьше, расположенные несколько южнее первого. Это воронкообразные овалы белого цвета в плотной атмосфере Юпитера. Они перемещаются на видимой поверхности планеты друг за другом, образуя цепочку с взаимными рас-

стояниями около 70 000 км. По земным масштабам это гигантские образования, до 9000 км в поперечнике.

Наблюдения на Космическом телескопе им. Хаббла помогли установить, что в течение 1994-96 гг. расстояние между пятнами сократилось до 20 000 км. В августе 1997 г. сотрудница университета в Лас-Крусесе (штат Нью-Мексико, США) Эми Саймон на конференции Американского астрономического общества сообщила, что "ве-

дущее" пятно, наиболее крупное из трех, замедлило движение, соприкоснувшись с мощной встречной ветровой системой. В результате два следующих за ним пятна приблизились к первому. Впрочем, по мнению Э. Саймон столкновения не произойдет, так как атмосферные вихри между белыми пятнами направлены в противоположные стороны и не дадут пятнам соприкоснуться.

Science News, 1997, 152, 7, 107