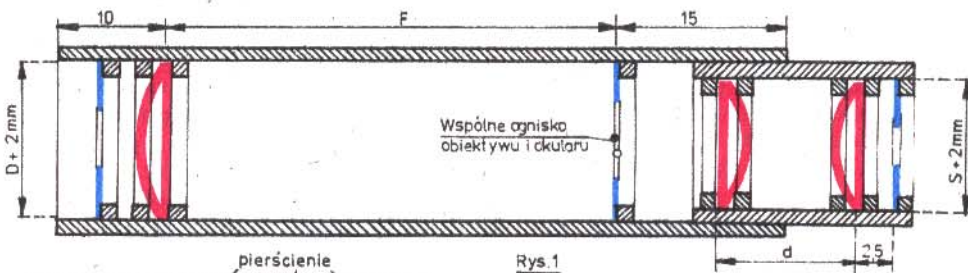


## JAK ZBUDOWAĆ NAJPROSTSZĄ LUNETĘ

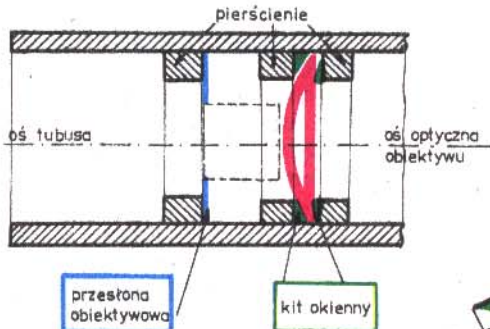
Głównym elementem każdego instrumentu astronomicznego jest jego układ optyczny. Jego jakość decyduje bowiem o wartości posiadanego przyrządu. W tegorocznych numerach „MT”, w dziale ASTRONOMIA DLA WSZYSTKICH, sporo miejsca poświęciliśmy podstawowym informacjom z dziedziny optyki lunet. Pisaliśmy też o warunkach doboru układu optycznego i trudnościach związanych z jego zdobyciem. Teraz, w dziale NA WARSZTACIE chcielibyśmy podać kilka uwag o charakterze konstrukcyjnym, umożliwiających montowanie i przygotowanie lunety do obserwacji. **Uwagi te traktujemy jako wskazówki, które mają jedynie pobudzić Czytelników do szukania własnych rozwiązań.**

Jak zbudować najprostszą, a zarazem najtańszą lunetę?

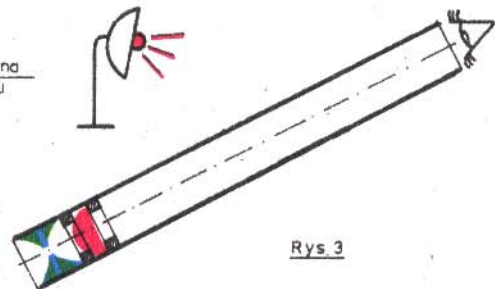
Jeśli chodzi o soczewki, to zgodnie z tym co pisaliśmy („MT” 2/88) można je skompletować ze szkła okularowych. Załóżmy więc, że dokonaliśmy już wyboru i zdecydowaliśmy się, że obiektywem będzie soczewka o średnicy „D” i ogniskowej „F”, zaś okular – układ złożony z dwóch soczewek o średnicy „s” oraz ogniskowych „f<sub>1</sub>” i „f<sub>2</sub>” (przy czym „f<sub>1</sub>” może być równe „f<sub>2</sub>”). Dodatkowo załóżmy, że przy odległości między soczewkami okularu „d”, jego ogniskowa wynosi „f”. Przed zabraniem się do składania lunety powinniśmy znać wartości liczbowe wszystkich wymienionych parametrów, bo pamiętamy, że np. ogniskowa soczewki



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3

o oznaczeniu +1D wcale nie musi wynosić dokładnie 100 centymetrów.

Dokładne ogniskowe soczewek najwygodniej wyznaczyć na ławie optycznej. Można także, choć z nieco większym błędem, posłużyć się w tym celu światłem pochodzącym od Księżyca (światło słoneczne, z uwagi na duże natężenie, jest gorsze). Badaną soczewkę należy zamocować w statywie i ustawić prostopadłe do biegu promieni. Oddalając od soczewki, wzdłuż jej osi optycznej, kartkę czystego papieru, szukamy ogniska, tzn. miejsca, w którym na kartce otrzymamy obraz Księżyca o najostroższych konturach. W tym położeniu odległość od soczewki do kartki możemy praktycznie uważać za szukaną ogniskową. Badając soczewkę obiektywu warto przy okazji sprawdzić, przy jakiej średnicy przysłony ustawionej przed soczewką, obraz wyraźnie zyskuje na ostrości. Również na drodze eksperymentalnej powinniśmy wyznaczyć położenie ogniska układu okularu.

Teraz możemy rozpocząć składanie lunety. Przygotowany układ optyczny montujemy w tubusie, czyli w głównej rurze budowanego przyrządu (rys. 1). Musimy tam odpowiednio umieścić trzy soczewki i trzy przysłony. Obiektyw i dwie przysłony powinny znaleźć się w tubusie głównym, a dwie soczewki okularowe i trzecia przysłona – w tubusie okularowym, czyli w rurze krótszej i o mniejszej średnicy. Tubusy najłatwiej skleić z prostokątnego, cienkiego kartonu, zwijając go kilkakrotnie. Aby uniknąć odbłasków, wnętrza tubusów powinny być zaczernione, np. tuszem (należy to zrobić jeszcze przed sklejeniem). Do klejenia można użyć kleju stolarskiego, który po wyschnięciu nada rurom wymaganą sztywność.

Średnice rur powinny być tak dobrane, by tubus okularowy dobrze wsuwał się do głównego tubusa (lecz nie wypadł z niego) i by wszystkie soczewki można było osadzić w przewidzianych miejscach. W praktyce trudno jest o równoczesne spełnienie tych warunków, głównie z powodu średnic soczewek. Dlatego przy ich zakupie warto poprosić o przyszlifowanie ich brzegów tak, aby różnica ich średnic ( $D-s$ ) wynosiła 5–8 milimetrów, co znacznie ułatwi montaż soczewek. Należy przy tym pamiętać, aby po szlifowaniu środek optyczny soczewki znalazł się w jej środku geometrycznym. W przypad-

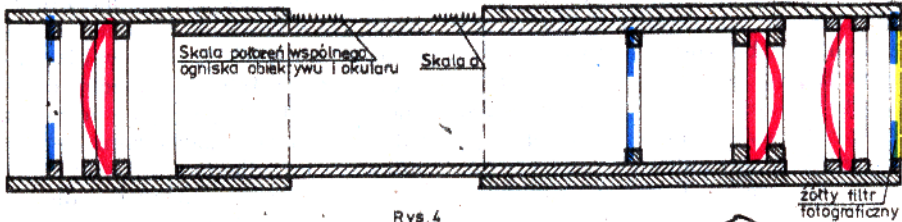
ku nowych soczewek ich środki optyczne są na ogół w specjalny sposób oznaczone.

Bardzo duży wpływ na ostrość i czystość obrazów dawanych przez lunetę ma dokładność osadzenia soczewek w tubusach. Osie optyczne poszczególnych soczewek powinny pokrywać się z osią tubusa. Dokładność ustawienia obiektywu odgrywa w tym względzie najistotniejszą rolę.

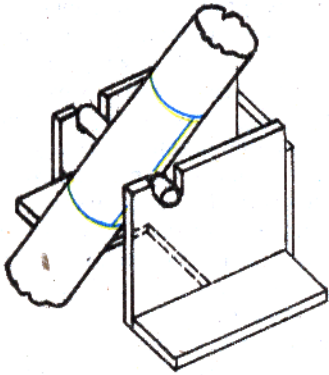
Obiektyw powinien być osadzony w odległości około 10 cm od końca tubusa, aby ograniczyć wpływ światła bocznych. Praktycznie robi się to za pomocą dwóch pierścieni szerokości około 1 cm (rys. 2). Mogą to być pierścienie odcięte z rury przeznaczonej na tubus okularowy. Jeśli będą one bardzo starannie przycięte, to ustawiona między nimi soczewka powinna być dokładnie wycentrowana. Na ogół tak nie jest i wówczas należy przeprowadzić korektę ustawienia soczewki. Korektę prowadzi się łatwiej, jeśli między pierścieniami a soczewką znajduje się niewielka ilość plasteliny, miękkiego kitu okiennego czy smoły.

Przebieg korekty jest następujący. Przed obiektywem (za pomocą np. plasteliny) ustawiamy przysłonę z otworem o średnicy około 15–20 mm i kierujemy obiektyw w stronę jakiegoś ciemnego miejsca w pomieszczeniu. Jeśli teraz umieścimy oko dokładnie naprzeciw środka wylotu rury (rys. 3), to w przypadku, gdy obiektyw jest prawidłowo ustawiony, odbicie naszego oka (widziane na obiektywie) powinno być współśrodkowe z otworem przysłony. Gdy ten warunek nie zachodzi, to musimy prowadzić korektę aż do skutku. Po stwardnieniu spoiwa znajdującego się między pierścieniami, prawidłowo ustawiona soczewka nie powinna już zmienić swojego położenia względem tubusa. W podobny sposób osadzamy soczewki w tubusie okularowym. W zasadzie powinniśmy to uczynić wcześniej, tzn. jeszcze przed ustawieniem obiektywu, bo wtedy mamy możliwość postąpienia się tubusem głównym jako przedłużeniem tubusa okularowego. Dzięki temu zyskujemy na dokładności ustawienia soczewek okularowych.

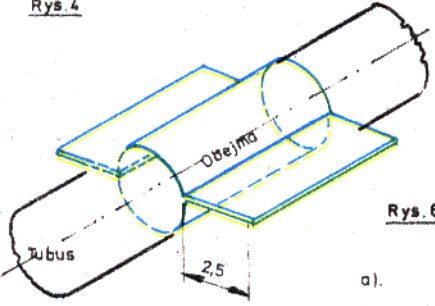
Ze względów praktycznych warto umieścić przed przysłoną, znajdującą się przy wspólnym ognisku obiektywu i okularu, dodatkowy pierścień, który nie pozwoli wsunąć tubusa okularowego zbyt głęboko. Do tego pierścienia może być przyklejona przy-



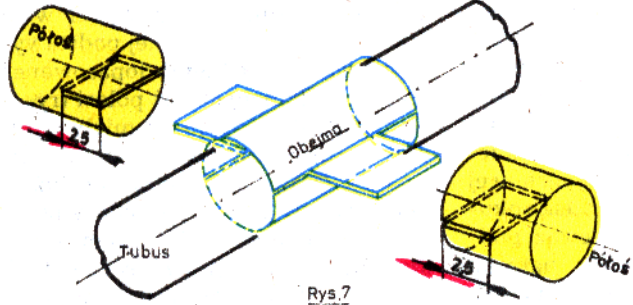
Rys. 4



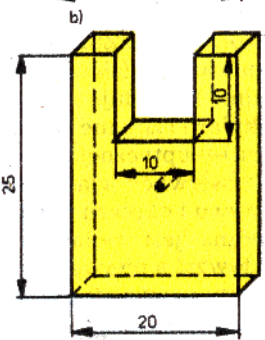
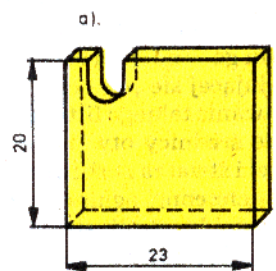
Rys. 5



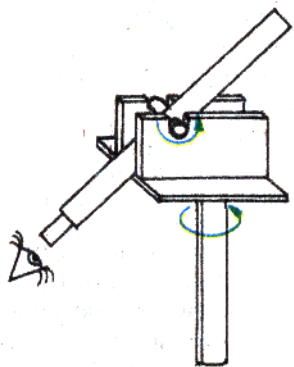
Rys. 6



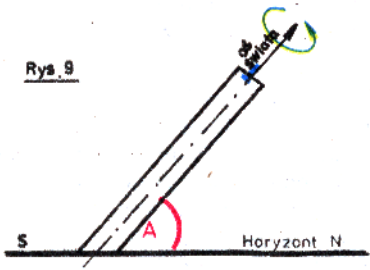
Rys. 7



Rys. 8



Rys. 9



Rys. 10

słona (łatwiej ją wtedy ustawić), a sam pierścień powinien być mocno przyklejony do głównego tubusa. Jeśli chodzi o przysłone obiektywową, to średnicę jej otworu dobieramy w zależności od jakości obiektywu, zaś jakość obiektywu będziemy mogli sprawdzić dopiero podczas obserwacji gwiazd. W przypadku, gdy najlepsze obrazy uzyskamy dla średnicy przysłony 20 mm, to powinniśmy ją ustawić w odległości 20 mm od obiektywu, gdy dla 40 mm – to w odległości 40 mm itp.

Pozostaje problem długości tubusa okularowego. Długość ta zależy od położenia ogniska okularu, a położenie ogniska najłatwiej można wyznaczyć eksperymentalnie – pisaliśmy już o tym. Przy obliczaniu długości tego tubusa należy pamiętać o możliwości odcięcia z niego potrzebnej liczby pierścieni.

W poprzednim numerze „MT” (w dziale „Astronomia...”), pisaliśmy o możliwości użycia żółtego filtra fotograficznego i ustawieniu go w miejscu ostatniej przysłony (tej, znajdującej się przy oku obserwatora). Zastosowanie takiego filtra umożliwi powiększenie średnicy otworu przysłony obiektywowej i stwarza możliwość konstrukcji okularu o zmiennej ogniskowej. Schemat budowy takiej lunety ilustruje rysunek 4. Tubus składa się teraz z trzech części, przy czym w każdej z nich znajduje się jedna soczewka i jedna przysłona. Zbliżając do siebie soczewki okularu, zmniejszamy odległość „d” między nimi. Powoduje to skrócenie ogniskowej „f” okularu i zmianę położenia ogniska okularu na osi optycznej lunety. Ponieważ, podczas obserwacji ciał niebieskich, ogniska obiektywu i okularu powinny się pokrywać, konieczna jest zmiana odległości między obiektywem a pierwszą z soczewek okularu. Przy proponowanej konstrukcji tubusa lunety jest to możliwe do wykonania, a więc dysponujemy schematem przyrządu o zmiennym powiększeniu.

W zasadzie luneta jest już ukończona i można ją skierować na niebo, jednak trzymanie jej w rękach nie zapewni stabilności oglądanym obrazom. Koniecznością staje się zbudowanie jakiegos statywu. W bardzo uproszczonej wersji statyw możemy wykonać z czterech deseczek, które odpowiednio wyprofilowane i połączone, posłużą za podstawę lunety. Jeśli dodatkowo tubus wyposażymy w oś obrotu, to uzyskana kon-

strukcja zapewni wymaganą stabilność przyrządu i umożliwi oglądanie nieba od horyzontu aż po zenit (rys. 5).

Oś obrotu możemy wykonać z drewnianej walca o średnicy zbliżonej do średnicy tubusa i z dwóch kawałków blachy o kwadratowym kształcie. Z blachy profilujemy obejmę ściśle przylegającą do powierzchni tubusa. Ich krawędzie powinny wystawać na zewnątrz na odległość około 25 mm (rys. 6). Z kolei z walca długości około 100 mm, o starannie wygładzonej powierzchni bocznej, wykonujemy półosie, przecinając go na dwie równe części. W każdej części robimy nacięcie głębokości 25 mm i szerokości równej podwójnej grubości blachy. Dodatkowo, wystające części blachy możemy przyciąć tak, by ich szerokość nie przekraczała szerokości walca (rys. 7). Teraz już można nasunąć półosie na wystające części blachy, usztywniając w ten sposób konstrukcję. Należy pamiętać, aby luneta była wyważona względem wykonanej osi.

Przejdźmy teraz do wykonania podstawy. Z dwucentymetrowej deski szerokości 200 mm odcinamy cztery części o długościach: 250 mm, 120 mm i dwa razy po 230 mm. Z dwóch jednakowych części wykonamy ścianki boczne budowanej podstawy. Wycinamy w nich wgłębienia dopasowane kształtem do wykonanych już półosi (rys. 8a). Istotne jest, aby wgłębienia miały wygładzone powierzchnie i znajdowały się przy brzegach ścianek. Największa z desek posłuży za spód podstawy. W jej środku należy przewiercić otwór o średnicy około 10 mm, a przy krótszym brzegu wyciąć kwadrat o boku 100 mm (rys. 8b). Z najmniejszej deski wykonamy tylną ściankę, której zadaniem będzie wzmocnienie konstrukcji. Jej długość należy dopasować do odległości między ściankami bocznymi. Podstawę składamy i łączymy wkrętami w całość.

Podczas obserwacji podstawę z ułożoną na niej lunetą ustawiamy na stoliku, murku lub balustradzie. Obrót lunety wokół pionowej osi wykonujemy obracając po prostu całą podstawę względem stolika. W praktyce wygodnie jest prowadzić obserwacje ze stałego miejsca, usytuowanego gdzieś w otwartym terenie. Jednak ciągłe przenoszenie stolika oraz lunety wraz z podstawą sprawia wtedy pewne trudności. W takiej sytuacji proponujemy, aby w upatrzonym miejscu

wkopać w ziemię pał o odpowiedniej wysokości – dopasowanej do wzrostu obserwatora. Na końcu pała powinna znajdować się mocno osadzona śruba, która umożliwi przymocowanie podstawy do pała. Właśnie w tym celu wywierciliśmy otwór w podstawie. Dokręcenie podstawy do pała nie powinno być zbyt silne, bo powinna ona mieć możliwość obrotu wokół osi śruby.

Prowadzenie obserwacji z powierzchni wirującej planety ma swoje następstwa – ciała niebieskie stale zmieniają swe położenia względem horyzontu. Zmienia się zarówno ich wysokość, jak i azymut. W związku z tym konieczne jest przesuwanie lunety za obserwowanym obiektem, by nie „uciekł” z pola widzenia, co przy obrazach odwróconych (a takie daje luneta) wymaga pewnej wprawy.

W przypadku, gdy pał z osadzoną na nim lunetą ustawiony jest pionowo, to montaż taki nosi nazwę **horyzontalnego** (rys. 9). Aby w tej sytuacji obserwowany obiekt pozostał w polu widzenia, należy obracać lunetę względem obu osi, co jak wiemy wymaga doświadczenia.

Łatwiej jest obserwować, gdy pał ustawimy równoległe do osi obrotu Ziemi (rys. 10), tzn., gdy pochylimy go w kierunku północnym pod kątem (A), równym szerokości geograficznej miejsca obserwacji. Będzie on wówczas wskazywał biegun świata, znajdujący się w pobliżu Gwiazdy Polarnej. Takie rozwiązanie noszące nazwę montażu **paralaktycznego**, ma bardzo istotną zaletę – wymaga przesuwania lunety tylko wokół jednej osi. Z tej idei korzysta się przy budowie większości instrumentów profesjonalnych, gdzie prowadzenie za obiektem jest w pełni zautomatyzowane. Obrót lunety wokół osi biegunowej prowadzony jest wówczas za pomocą silniczka, a w drugiej osi luneta jest zablokowana (zaaretowana).

W naszym przypadku zastosowanie montażu paralaktycznego wymaga dokonania drobnych przeróbek konstrukcyjnych, tzn. wyważenia przyrządu względem osi biegunowej oraz stworzenia możliwości aretowania drugiej osi. Przy układzie optycznym wykonanym z soczewek okularowych, takiego montażu nie zalecamy, ale jego idea może okazać się przydatna przy samodzielnych konstrukcjach innych przyrządów.

**Marek T. Szczepański**