

## LUNETA ASTRONOMICZNA

Wielu majsterkowiczów interesuje się astronomią, a ściślej — obserwacją ciał niebieskich. Gołym okiem niewiele można zobaczyć w zimową czy letnią noc, nawet przy całkiem pozbawionym chmur niebie. O kupieniu lunety nie ma mowy, bo po pierwsze — na rynku nie spotyka się tego rodzaju sprzętu, a po drugie — koszt lunety na pewno przekroczyłby możliwości finansowe młodego człowieka.

W warunkach domowych istnieje możliwość wykonania urządzenia, które posłuży zarówno do obserwacji astronomicznych, jak też obserwacji odległych krajobrazów, podczas wakacyjnych wędrowek. Ważną cechą naszej lunety jest niski koszt części oraz możliwość wykorzystania do jej budowy soczewek znajdujących się wśród „skarbów” każdego majsterkowicza.

Przed omówieniem wykonania urządzenia konieczne musimy bliżej zapoznać się z właściwościami układów optycznych. W związku z tym sięgnijmy do fizyki, a właściwie jej działu zwanego optyką. Luneta wyposażona jest w soczewki powiększające. Jeżeli w określonej odległości od soczewki powiększającej (płaskowypukłej, wklęsłowypukłej lub dwuwypukłej) umieścimy jakiś przedmiot o wysokości „ $y$ ” (rys. 1), to otrzymamy obraz przedmiotu „ $y_1$ ” prosty, powiększony i odwrócony. Określenie „prosty” jest umowne i oznacza tyle, co możliwy do otrzymania na ekranie.

Każda soczewka charakteryzuje się długością ogniskowej ( $f$ ) oraz ogniskiem ( $F$ ). Linia prosta, przechodząca przez środek soczewki, nosi nazwę optycznej osi soczewki i jest oznaczana literą  $O$ .

przedmiotu oglądanego przez soczewkę, a  $x_1$  miarą oddalenia obrazu. Odległość  $x$  jest miarą oddalenia przedmiotu.

Ważną zasadą jest sposób przechodzenia światła przez soczewkę. Otóż każdy równoległy do osi optycznej promień po przejściu przez soczewkę zostaje załamany i przechodzi przez ognisko po przeciwnej stronie. Jeżeli natomiast promień dochodzi do soczewki przez jej ognisko, to po drugiej stronie pobiegnie równoległe do osi optycznej soczewki.

Obraz otrzymujemy w zależności od odległości  $x$  przedmiotu oglądanego. Jeżeli  $x > 2f$ , to otrzymamy obraz zmniejszony, odwrócony i prosty (rys. 2), jeżeli  $2f > x > f$ , to obraz będzie odwrócony, powiększony i prosty (rys. 1). Dalsze zbliżenie przedmiotu do soczewki tak, by  $x < f$ , spowoduje otrzymanie powiększonego, pozornego i nieodwróconego obrazu (rys. 3).

Te wszystkie rozważania wyjaśniły nam zasady powstawania obrazów w soczewkach powiększających, lecz skomplikowały nasze domysły na temat całych układów, które należy zaprojektować. W jaki bowiem sposób określić długość ogniskowej nieznanej soczewki, której siła oznaczona została symbolem: 2 dioptrie?

Otóż 1 dioptria to zdolność skupiająca soczewki o ogniskowej = 1 m, 2 dioptrie to zdolność skupiająca soczewki o ogniskowej = 0,5 m, 4 dioptrie = 0,25 m itd. Odpowiednio 0,5 dioptrii = 2 m, 0,1 = 10 m itd. Ten rodzaj oznaczeń pomoże nam w wypadku zamawiania soczewek w zakładzie optycznym.

Jeśli jednak nie mamy żadnych danych dotyczących soczewki, a zależy nam na określeniu długości ogniskowej, to postąpimy w następujący sposób: soczewkę zbliżymy do białego ekranu tak, by uzyskać na nim wyraźny obraz jakiegos dalekiego przedmiotu (odległość przedmiotu powinna wynosić więcej niż 20 m). Odległość soczewki od ekranu będzie długością jej ogniskowej (rys. 4).

Sprawdźmy, czy jest tak w rzeczywistości. Prześledźmy jeszcze raz rys. 2. Widzimy, że jeżeli odległość  $x$  będzie zwiększała się, to  $x_1$  będzie maleć, zbliżając się do  $F_1$ . Tak więc przy dostatecznie dużej odległości  $x$ , odległość  $x_1$  niewiele będzie różniła się od długości ogniskowej soczewki. Ta niedokładność nie jest istotna dla naszych potrzeb, w związku z czym możemy ją pominąć.

Lunetę astronomiczną, którą zajmujemy się dokładnie, zbudował Keplera w 1611 r. Składa się ona z dwóch soczewek powiększających, ustawionych naprzeciwko siebie w osi optycznej, w odległości równej sumie ogniskowych obu soczewek (rys. 5).

Soczewka większa ma długą ogniskową i nosi nazwę obiektywu, natomiast mniejsza soczewka, o krótkiej ogniskowej, nazywa się okularzem. Działanie lunety jest następujące: obraz dalekiego przedmiotu  $AB$  obiektyw rzutuje w miejscu  $A_1B_1$ . Obserwując ten obraz przez okular (jak przez lupę) — widzimy go w miejscu  $A_2B_2$ , znacznie powiększony i odwrócony. Jeśli chodzi o obserwację ciał niebieskich, to odwrócenie oglądanego przedmiotu nie przeszkadza. Natomiast w wypadku używania lunety do oglądania krajobrazu należy wyposażyć okular w dwie soczewki, celem ponownego odwrócenia obrazu.

Wielkość ostatecznego powiększenia zależy od stosunku ogniskowych obu soczewek. Jeżeli długość ogniskowej obiektywu oznaczymy jako  $F$ , a ogniskową okularu jako  $f$ , to ostateczne powiększenie naszego układu optycznego wyrazi się wzorem:

$$P = \frac{F}{f}$$

Dla przykładu obliczymy powiększenie lunety, gdzie zastosowano obiektyw o długości ogniskowej  $F = 1000$  mm, a okular o długości ogniskowej  $f = 10$  mm. Po podstawieniu do wzoru mamy:

$$P = \frac{1000}{10} = 100$$

Tak więc powiększenie wynosi 100 razy, to znaczy, że przedmiot oglądany z odległości jednego kilometra zobaczymy przez lunetę w takiej wielkości, jak oglądany gołym okiem z odległości 10 m.

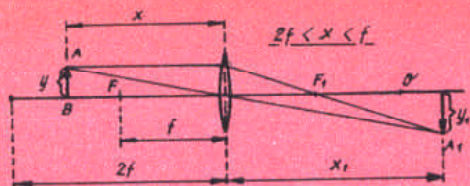
Do budowy naszej lunety musimy postarać się o soczewkę na obiektyw o zdolności skupiającej  $+1$  dioptria (ogniskowa 1000 mm). Obiektyw o dłuższej ogniskowej spowoduje konieczność stosowania bardzo długiej obudowy (tubusa), a co za tym idzie, luneta będzie kłopotliwa do przeniesienia i przechowywania. Średnica soczewki obiektywu powinna wynosić 45 mm (nie szlifowana bocznie soczewka do okularów). Jako okular zastosujemy soczewkę z małej lupy o ogniskowej 20 mm. Zamiast jednej, można użyć dwóch soczewek sporządzając okular wg konstrukcji Huyghensa (rys. 9). Jedna soczewka płaskowypukła o średnicy około 20 mm i ogniskowej 40—60 mm, druga soczewka dwuwypukła o średnicy 10 mm i ogniskowej 10—15 mm. Tego rodzaju soczewki można nabyć bez trudu u optyka, gdyż są one używane do różnego rodzaju lup.

Do lunety wyposażonej w jeden obiektyw warto przygotować kilka okularów (o różnych ogniskowych), aby można było dobierać je w zależności odżądanego powiększenia.

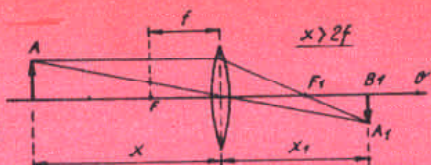
W celu łatwiejszej orientacji podajemy na str. 86 wielkość powiększenia w zależności od długości ogniskowej okularu. Powiększenie odnosi się do obiektywu o długości ogniskowej 1000 mm.

Praktycznie nie uda nam się uzyskać powiększenia ponad 200 razy.

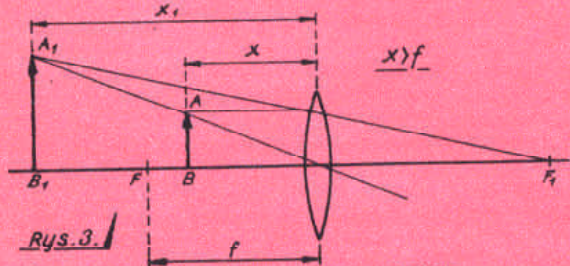
I ostatnia uwaga, dotycząca właściwego wyboru soczewek. Wszystkie używane do budowy lunety soczewki powinny być achromatyczne, tzn. pozbawione wady objawiającej się występowaniem barwnej obwódki dokoła oglądanego przed-



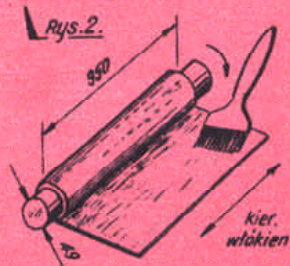
Rys. 1.



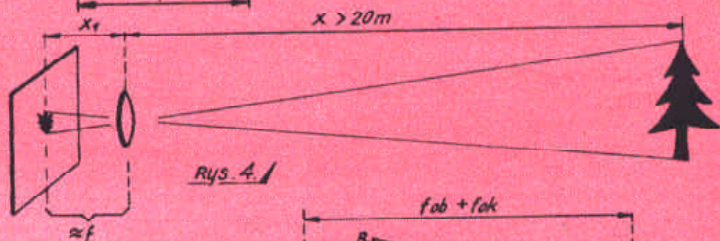
Rys. 2.



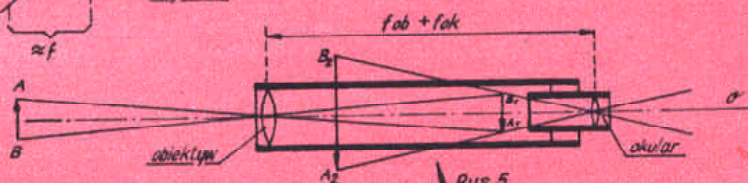
Rys. 3.



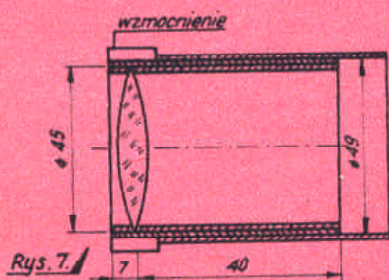
Rys. 6.



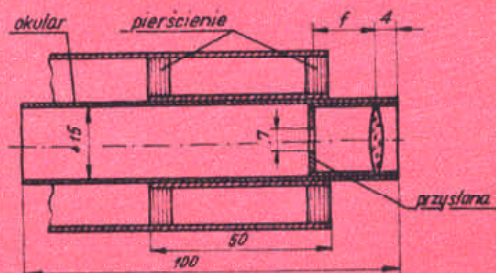
Rys. 4.



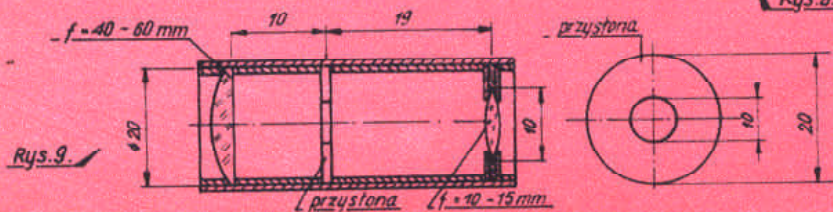
Rys. 5.



Rys. 7.



Rys. 8.



Rys. 9.



miotu. W wypadku stosowania soczewek niższej jakości konieczne jest stosowanie przysłony.

Budowę lunety rozpoczniemy od wykonania tubusa obiektywu (rys. 6), w postaci rury skleionej z kilku warstw papieru na drewnianym rdzeniu. Średnica wewnętrzna rury powinna wynosić około 49–50 mm, a długość rury 950 mm.

Po dokładnym wyschnięciu kleju, co trwa około 48 godzin, wewnętrzną powierzchnię tubusa należy pomalować czarnym tuszem kreślarskim. By tego uniknąć, można rurę skleić od razu z czarnego papieru fotograficznego (używany do opakowań błon, papierów światłoczułych itp.).

Podczas smarowania powierzchni papieru klejem należy zwrócić uwagę na kierunek włókien papieru, który musi być zgodny z kierunkiem ruchu pędzla. Określenie kierunku włókien papieru było opisane w „MT” w nrze 12 z 1968 r. Następnie wykonamy zamocowanie soczewki obiektywu w tubusie (rys. 7). W tym celu skleimy drugą rurę z papieru o średnicy wewnętrznej równej średnicy soczewki. Zewnętrzna średnica tej rury musi odpowiadać średnicy tubusa i ciasno w niego wchodzić. Samą so-

czewkę zamocujemy między dwoma pierścieniami wklejonymi we wnętrze rurki. Podczas klejenia należy zwracać uwagę na zachowanie czystości soczewki. W miejscu zamocowania soczewki wykonamy zewnętrzne wzmocnienie w postaci drewnianego pierścienia naklejonego na obiektyw.

Rurki obiektywu nie wklejamy w tubus lunety, by umożliwić sobie czyszczenie soczewki z kurzu i innych zanieczyszczeń, np. zaparowania.

Okular (rys. 8) zamocujemy w tubusie suwliwie za pomocą dwóch pierścieni wyciętych ze sklejki. W otwory pierścieni wkleimy rurkę z papieru, która będzie stanowiła łożysko okularu.

Sam okular wykonamy wklejając soczewkę w rurkę o średnicy wewnętrznej 15 mm w podobny sposób jak obiektyw.

Do wnętrza okularu wkleimy w razie potrzeby przysłonę wyciętą z tektury grubości 2 mm. Przysłona ma kształt pierścienia o średnicy wewnętrznej 7 mm i zewnętrznej 15 mm (dopasowanej do średnicy wewnętrznej okularu). Wklejając przysłonę w okular musimy zwrócić uwagę, by odległość jej od soczewki była równa długości ogniskowej f.

Aby łatwiej było posługiwać się lunetą, można zbudować specjalny statyw (taki jak fotograficzny) i zamocować do niego lunetę obrotowo.

Aby obserwować odległy przedmiot, kierujemy na niego obiektyw lunety i ustawiamy ostrość obrazu wysuwając lub wsuwając okular.

Na zakończenie należy wspomnieć o właściwej konserwacji lunety. Po zakończonych obserwacjach obiektyw i okular wyjmujemy z tubusa, dokładnie czyszcimy miękką, np. irychową, szmatką i chowamy do pudełka lub torebki polietylenowej. To dodatkowe opakowanie uchroni delikatne szkła lunety przed porysowaniem i zabrudzeniem.

Zależność powiększenia od ogniskowej okularu

Ogniskowa okularu	Ostateczne powiększenie
50	20
40	25
33	30
25	40
20	50
17	60
14	70
12,5	80
10	100
9	105
8	125
7	145
6	165
5	200

Jerzy Pietrzyk