

BUDUJEMY MIKROSKOP

(Dokończenie)

Z drewnianego klocka (lub z kawałka deski) wycinamy część nr 7 (rys. 10). Jest to po prostu prostopadłościan.

Kolejnymi elementami jakie wykonamy będą części nr 5 i 6 (rys. 9). Wytniemy je ze sklejk grubości 3 mm. Otwory trzeba wyciąć piłką włosową. Krzyżykami zaznaczono otwory o \varnothing 2 mm. Z drugiej strony każdej części znajduje się wycięcie głębokości 2 mm i szerokości 3 mm.

Część nr 10 (rys. 13) wytniemy z klocka piłką włosową. Otwór zaznaczony dużym krzyżykiem ma średnicę równą średnicy bocznego otworu części nr 3. Otwór w części nr 10 przewiercony jest przez oba jej ramiona (rys. 13 – widok z przodu) tak, aby można było w nie włożyć wkłęt lub śrubę z nakrętką (tę samą, którą wkładamy w duże otwory części nr 1, 2, i 3).

Podstawę naszego mikroskopu, czyli część nr 11 (rys. 14) stanowić będzie kawałek sklejki grubości 10 mm (lub deski, która może być nawet grubsza) wycięty w kształcie prostokąta. Na dokładnie wyciętej podstawie wyznaczamy prostokąt (zakreśkowany), który jest miejscem dla późniejszego dokładnego przymocowania części nr 10.

Stolik – część nr 8 (np. 11) wykonamy ze sklejki grubości 5 mm. Otwór w środkowej części stolika wycinamy piłką włosową. Wszystkie otworki (oznaczone krzyżykami) muszą mieć średnicę 2 mm i być rozmieszczone zgodnie z rysunkiem. Prócz tego na stoliku narysujemy figurę (zakreśkowaną), która dokładnie wyznacza swoim kształtem miejsce przymocowania stolika do części nr 3.

Integralną częścią stolika jest tarcza z przesłonami – czyli część nr 9 (rys. 12). Środki otworów (przesłon) umiejscowione są w punktach przecięcia się okręgu o promieniu = 12,5 mm z dwiema liniami prostymi do siebie, których punkt wzajemnego przecięcia leży dokładnie w środku tarczy o promieniu 25 mm. Tarczę najlepiej wykonać z blachy grubości 1 mm, np. mosiężnej czy aluminiowej. Otworki przesłony o $r = 0,5-4$ mm można wywiercić mocując tarczę pionowo w imadle razem z podłożoną z tyłu deseczką, aby tarcza przy wierceniu nie wyginała się. Ostatnią przesłonę można też spróbować wyciąć wiertłem. Ale lepiej będzie, bezpieczniej, gdy na obwodzie wywiercimy nieduże otwory, które rozpiłowane wzdłuż obwodu przyszytej przesłony powodują wypadnięcie środkowej części. Ząbki pozostałe na obwodzie spiłowujemy pilniczkiem. Pośrodku całej tarczy wiercimy otwór o średnicy 2 mm na wkłęt mocujący ją później do części nr 3 pod stolikiem.

W skład stolika wchodzi także tak zwane łapki – części 12 i 13 (rys. 15). Należy je wykonać ze

stosunkowo cienkiej blachy stalowej (lub innej, dobrze sprężynującej). Otwór oznaczony krzyżykiem umożliwi przymocowanie łapki wkłętą do stolika.

Lusterko podświetlające preparat zrobimy blaszki czterech części – nr 14, 15, 16 i 17 (rys. 16). Częścią nr 17 jest samo lusterko, przymocowane do części nr 16 wykonanej ze sklejki grubości 5 mm za pomocą obejm (część nr 15) zrobionej z balaszki z puszek po konserwach. Narysowaną na blaszce siatkę obejm należy pozaginać wzdłuż odpowiednich linii w jednym kierunku. Całe lusterko umocowane będzie do części nr 3 za pomocą rurki z blachy grubości 1 mm. W tyle ramki należy wywiercić otwór o średnicy 2 mm oznaczony krzyżykiem. W ramionach bocznych ramki wiercimy otworki o średnicy około 1 mm (lub przebijamy, gdy nie mamy takiego wiertła). Całe lusterko montujemy w ten sposób, że część nr 17 przykładamy do części nr 16, a następnie obie te części zespalamy obejmą (częścią nr 15). Równocześnie z boków części nr 16 wbijamy po kawałku gwoździka bez łebka, tak, aby łatwo wchodził w otwory w bocznych ramionach ramki (części nr 14). Gwoździłk powinien być wbity na tyle, żeby wystawał z części nr 16 na długość około 3 mm.

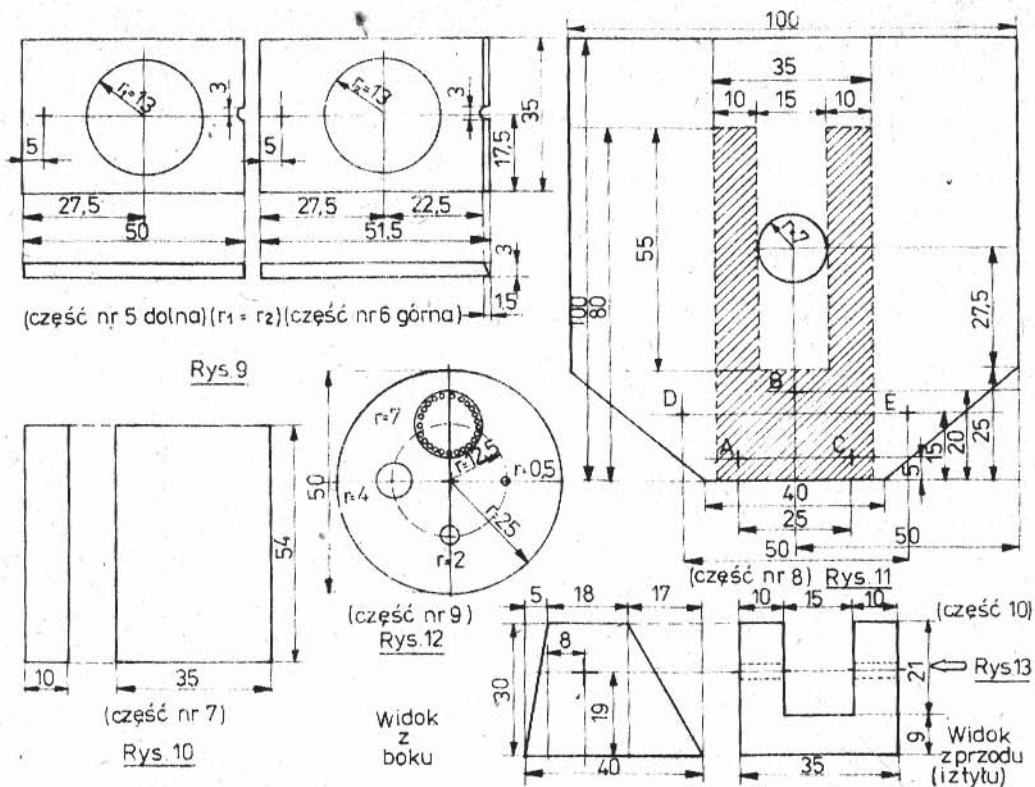
Kolej wreszcie na wykonanie najważniejszych części mikroskopu, tj. obiektywu i okularu.

Obiektyw (OB), osadzony w dolnej części tubusa (rys. 17), wykonamy z brystolu. Jednak wymiary oprawy obiektywu (zrobionej z rurek z brystolu) uzależnione będą od parametrów soczewki, którą na obiektyw możemy przetrzasnąć. Tak więc na rys. 17 obiektyw nie jest prawie w ogóle zwymiarowany. Wymiary jego poszczególnych części podane będą jedynie opisowo, jako wymiary względne.

Zacznijmy od soczewki. Musi ona spełniać następujące warunki: 1 – jej średnica nie może być większa od 16 mm, 2 – ogniskowa powinna być jak najmniejsza, ale nie mniejsza niż 10 mm (im krótsza ogniskowa pojedynczej soczewki, tym bardziej uwidoczniają się jej wady optyczne). Równocześnie ogniskowa nie powinna być raczej większa od 20 mm, gdyż wtedy nasz obiektyw będzie osiągał zbyt małe powiększenie. Idealnym rozwiązaniem byłoby posiadanie tzw. achromatu (o czym wspomniano już). Gdybyśmy dysponowali większą liczbą soczewek można byłoby obiektyw zbudować z dwóch soczewek. Odległość między nimi powinna wynosić:

$$L = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

Konstrukcja takiego obiektywu nie różniłaby się prawie od konstrukcji obiektywu jednosoczewkowego pokazanego na rys. 17, a jego korekcja byłaby lepsza niż tego ostatniego. Tutaj jednak ze względu na i tak już długi opis konstrukcji mikroskopu ograniczymy się do omówienia wykonania obiektywu jednosoczewkowego. Poniżej

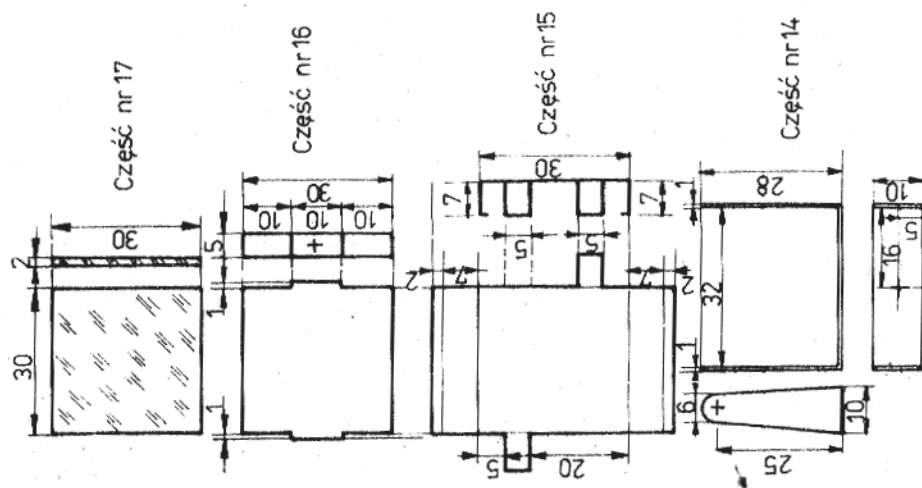


przedstawione są **względne wymiary elementów obiektywu**: (rys. 17A)

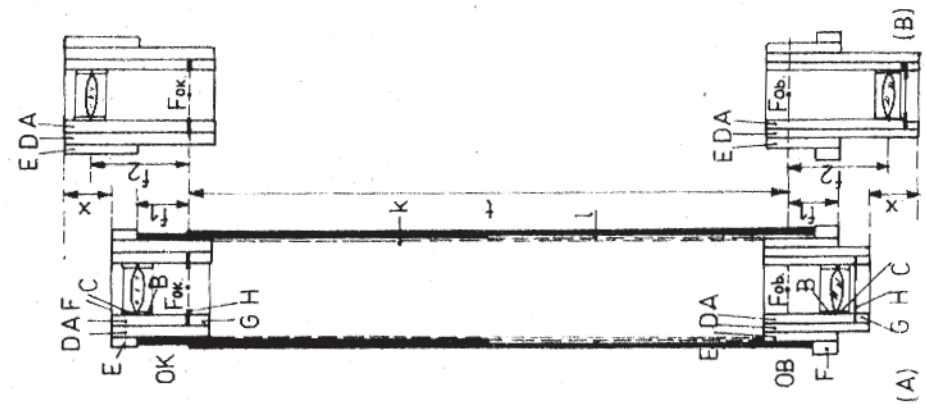
- Rurka „A” – rys. 17; A) – długość = f soczewki obiektywu + 8 mm, średnica wewnętrzna = średnicy soczewki. Rurka – skrócona z nie więcej jak dwóch, trzech warstw brystolu.
- Pierścień „B” – wysokość = 3 mm; średnica zewnętrzna równa średnicy wewnętrznej rurki „A”.
- Pierścień „C” – wysokość = 2 mm; średnica zewnętrzna równa średnicy wewnętrznej rurki „A”.
- Rurka „D” – długość = długości rurki „A” + 3 mm, średnica wewnętrzna = średnicy zewnętrznej rurki „A”. Rurkę „D” skracamy też z dwóch warstw brystolu.
- Rurka „G” – długość = 2 mm, średnica zewnętrzna = średnicy wewnętrznej rurki „D”; średnica wewnętrzna = średnicy wewnętrznej rurki „A”.
- Rurka „E” – długość 15 mm; średnica wewnętrzna = średnicy zewnętrznej rurki „D”; średnica ze-

- wewnętrzna = średnicy wewnętrznej tubusa (tak, aby w tubus wchodziła dość ciasno).
- Rurka „F” – (a w zasadzie pierścieni) – wysokość = 5 mm; średnica wewnętrzna = średnicy zewnętrznej rurki „E”; średnica zewnętrzna taka, aby rurka „F” wystawała około 1 mm poza obręb tubusa.
- Przesłona „H” – jej otwór ustalimy doświadczalnie. Średnica zewnętrzna = średnicy wewnętrznej rurki „D”.

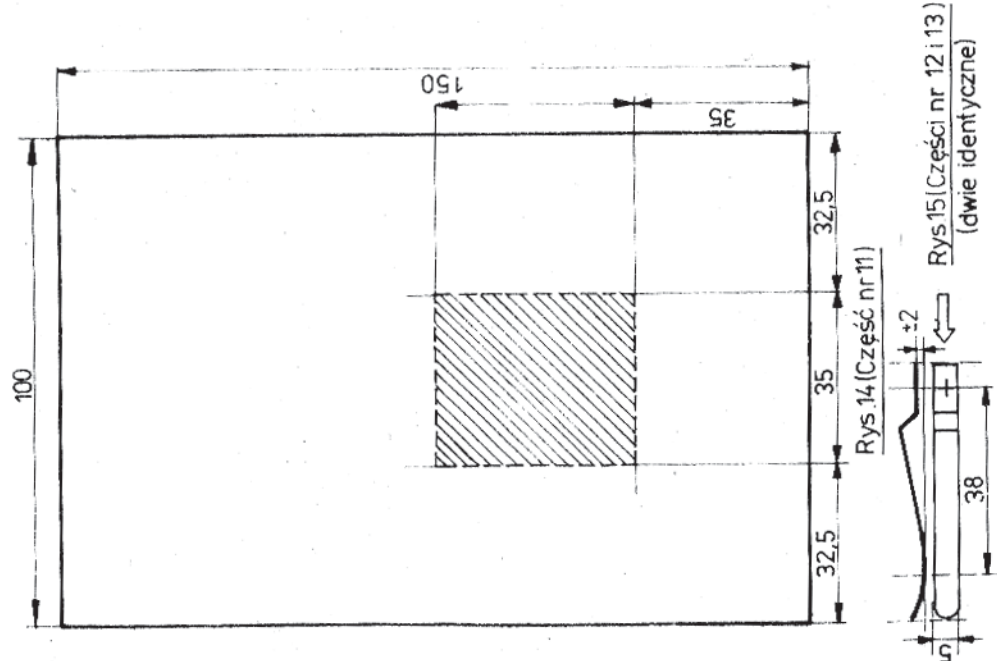
Montaż obiektywu: Najpierw należy zrobić rurkę „A”, w której w odległości 3 mm od dolnego końca mocujemy za pomocą pierścieni „B” i „C” soczewkę. Następnie na rurkę „A” nawijamy i skleamy rurkę „D”, a na rurkę „D” rurkę „E”. Górne końce tych trzech rurek powinny być na tym samym poziomie (tak jak na rys. A, rys. 17). Następnie równo z dolnym końcem rurki „E” nawijamy na nią i skleamy rurkę „F”. Przesłonę „H” zrobimy z cienkiej blaszki (np. z puszek po konserwach). Służy ona do poprawienia jakości obrazu, jednak zastosowanie jej wywołuje zaciemnienie obrazu. W takim wypadku musimy znaleźć kompromisowe rozwiązanie, czyli taki otwór przesłony „H”.



Rys.16 (Części nr 14,15,16,17)



Rys.17



Rys.14 (Część nr 11)

Rys.15 (Części nr 12 i 13)
(dwie identyczne)

przy którym jakość obrazu będzie względnie dobra i równocześnie jego jasność dostateczna do przeprowadzenia obserwacji. W tym celu trzeba zrobić kilka przesłon o otworach równych 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 mm, których działanie należy sprawdzić po zmontowaniu całego mikroskopu. Sprawdzone przesłony należy wkładać w obiektyw dociskając je pierścieniem „G” (lecz go nie wklejać, a tylko wsuwać i wysuwać). Gdy znajdziemy odpowiednią przesłonę można ją umocować wklejając już pierścień „G”. Przedtem jednak przesłonę, aby nie błyszczała, należy nad świecą okopcić lub pomalować na czarno. Skończony obiektyw musi być osadzony w tubusie tak, aby opierał się o niego pierścieniem „F”.

Okular: Na okular może być użyta soczewka o ogniskowej większej, lub równej ogniskowej obiektywu.

Względne wymiary elementów okularu (OK):

- Rurka „A” – długość = f_{OK} soczewki okularu + 5 mm; średnica wewnętrzna = średnicy soczewki. Zwinięta z 2-3 warstw brystolu.
- Rurka „D” – długość = długości rurki „A” + 5 mm; średnica wewnętrzna = średnicy zewnętrznej rurki „A”, średnica zewnętrzna = średnicy wewnętrznej górnej części tubusa, (górną część tubusa stanowi wewnętrzną rurę złączki do wędek)
- Rurka „E” – długość = 5 mm; średnica wewnętrzna = średnicy zewnętrznej rurki „D”; średnica zewnętrzna większa o 1-2 mm od średnicy zewnętrznej górnej części tubusa.
- Pierścienie „B” i „C” – Wysokość = 3 mm; średnica zewnętrzna = średnicy wewnętrznej rurki „A”.
- Rurka „G” – wysokość = 4 mm; średnica zewnętrzna = średnicy wewnętrznej rurki „D”; średnica wewnętrzna mniejsza (lub równa) średnicy wewnętrznej rurki „A”.
- Przesłona „H” – średnica zewnętrzna = średnicy wewnętrznej rurki „D”. Otwór przesłony powinien mieć średnicę mniejszą o około 2 mm od średnicy soczewki okularu.
- Pierścień „F” – przykrywa od góry okular. Jego średnica zewnętrzna powinna być taka, aby przykrywał jeszcze rurkę „E”, a wewnętrzna średnica o 2 mm

mniejsza od średnicy soczewki. Wycinamy go z brystolu.

Montaż okularu – kolejność montażu jak przy obiektywie tyle, że przesłone „H” mamy już gotową, bez doświadczalnego dobierania jej otworu. Zarówno obiektyw, jak i okular powinny być od środka pomalowane na czarno (np. farbą plakatową lub akwarelą, nie emalią – gdyż emalia błyszczy po wyschnięciu). Gdybyśmy chcieli zrobić dodatkowy obiektyw i okular o innej ogniskowej (a tym samym i powiększeniu), wtedy konstrukcja jest identyczna, jak przedstawiona powyżej z tą różnicą, że zmianie ulegają długości rurek „A”, „D”, „E” – wydłużają się o wartość $x = f_2 - f_1$ w przypadku okularu, oraz rurek „A” i „D” w przypadku obiektywu, które wydłużają się także o wartość $x = f_2 - f_1$. Przy czym f_2 – ogniskowa naszego drugiego (dodatkowego okularu lub obiektywu) a f_1 – ogniskowa naszego pierwszego okularu (lub obiektywu), czyli pierwotnie zbudowanego. Te zależności pokazuje rys. 17 – (B).

Znając położenia soczewek obiektywu i okularu w tubusie możemy zmierzyć „t” (długość optyczną tubusa – patrz wiadomości wstępne o mikroskopie), a następnie obliczyć powiększenie całkowite – P_c naszego mikroskopu, przy minimalnym i maksymalnym wyciągu tubusa realizowanym przesuwaniem rur (złączki do wędek) względem siebie. Przy minimalnym wyciągu tubusa rura wewnętrzna powinna wystawać o 10 mm ponad zewnętrzną, a przy maksymalnym o 60 mm.

Jak widać na rys. 17 – (B) wymiary rurek „A”, „D” i „E” okularu i „A”, „D” obiektywu zapewniają to, że nowy okular czy obiektyw (o dłuższej ogniskowej od pierwotnego) włożony w tubus ma swoje ognisko w tym samym miejscu względem tubusa, co okular czy obiektyw pierwotny. Przez to wartość „t” nie ulega zmianie i powiększenie całkowite mikroskopu (P_c) przy zmianie okularu czy obiektywu jest łatwe do policzenia (bez konieczności mierzenia „t”, gdyby uległo zmianie).

Tubus: sam tubus jak już podano na wstępie składa się z dwu rur mosiężnych wsuniętych jedna w drugą. Oczywiście, aby nie było odbłasków od wewnętrznych ścian tubusa, należy te ściany zamalować. Najlepiej po prostu wkleić od wewnątrz do obu rur papierowe rurki pomalowane na czarno. (Rurki te, „k” i „l”, zaznaczone są linią przerywaną na rys. 17, A). I tak w krótszą rurę tubusa (wewnętrzną) wklejamy czarną rurkę „k” takiej długości, aby jej górny koniec znajdował się w odległości 15 mm od górnego końca wewnętrznej rury tubusa, a jej dolny koniec (czarnej, papierowej rurki) powinien znajdować się w odległości 10 mm od dolnego końca mosiężnej (dłuższej) rury tubusa. Równocześnie zewnętrzną rurę tubusa (tę dłuższą) wklejamy czarną rurką „l” z papieru długości 50 mm i tak, aby jej dolny koniec był oddalony o 10 mm od dolnego końca tubusa. Podzielenie papierowych rur zaczynających tu-

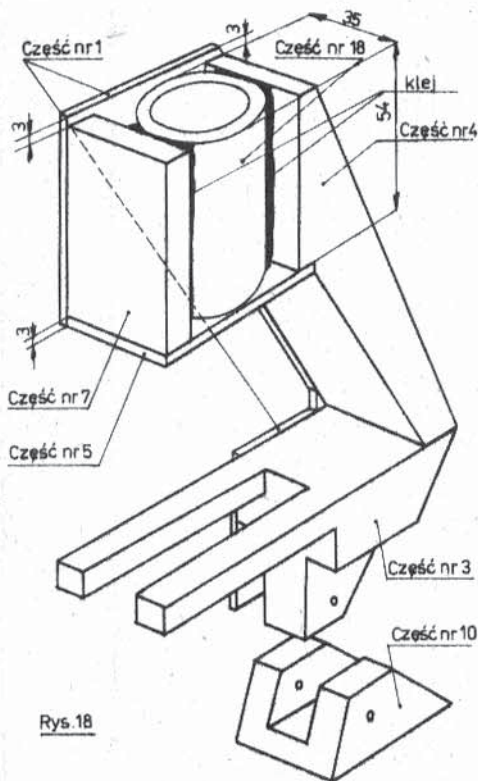
bus, jest konieczne ze względu na suwliwość rur tubusa względem siebie. Tubus w naszym mikroskopie osadzony jest suwliwie w rurze wysokości 54 mm i o średnicy zewnętrznej 35 mm (część nr 18, rys. 18) sporządzoną z brystolu. Rurę tę związamy na naszym tubusie i to tak ściśle, żeby tubus w niej przesuwał się dość ciasno.

Montaż całego mikroskopu

Montaż całości rozpoczniemy od przyklejenia do części nr 1 (lub 2) części nr 7 i 4, jak to pokazuje rysunek 18. W czasie, kiedy wysycha klej, przyklejamy do części nr 3 od góry stolik (część nr 8) dokładnie w miejscu zakreśwanym stolika. Po wyschnięciu kleju, przez znajdujące się w stoliku otwory A, B, i C wiercimy otworki w przyłączonej do stolika części nr 3, a następnie w owe otwory wkręcamy wkręty do drewna. Teraz już możemy część nr 3 (wraz ze stolikiem) przykleić, a następnie przykręcić do części nr 1 dwoma wkrętami przez dwa otwory wywiercone wcześniej w części nr. 1. Następnie możemy na tej samej zasadzie, za pomocą wkrętów, połączyć części nr 7 i 4 z częścią nr 1. Część nr 5 mocujemy pod częścią nr 7 i 4. Następnie rurę (część nr 18) wraz z włożonym w nią tubusem wkładamy pomiędzy części nr 7 i 4 od spodu, przyklejając do części nr 5. Aby rura przy nastawianiu ostrości nie obracała się wokół własnej osi, miejsca styku jej z częściami nr 1, 2, 7, 4 należy posmarować grubo klejem przez co powstaną swoiste klejowe rynienki zapobiegające obrotowi rury (części nr 18). Teraz należy dokładnie przyłożyć z drugiej strony części nr 2 i przykleić, a następnie przykręcić do części nr 7, 4 i 3. Do części nr 7 i 4 od góry mocujemy klejem i wkręcamy część nr 6. Z kolei do części nr 3 od spodu mocujemy za pomocą wkrętu tarczę z przesłonami. Do podstawy (czyli części nr 11) przyklejamy, a następnie przykręcamy część nr 10 w miejscu zakreśwanym. Do części nr 3 przykręcamy także u dołu ramkę lusterka, a następnie wtykamy między jej ramiona samo lusterko. Ramkę należy przedtem przygiąć do środka tak, aby po umocowaniu w niej lusterka dociskała je swoimi ramionami. Na koniec część nr 3 (wraz z resztą statywu) mocujemy ruchomo w części nr 10 za pomocą śruby z nakrętką oraz przykręcamy łapki do stolika w punktach D, E (rys. 11). W tym momencie mikroskop mamy zmontowany. Pozostaje jedynie wetknąć obiektyw i okular i przyrząd gotowy jest do pracy. Oczywiście całość (prócz tubusa z obiektywem i okulem) możemy jeszcze pomalować emalią na czarno lub inny kolor.

Użytkowanie

– Jeżeli wykonamy więcej niż jeden obiektyw i jeden okular to dopuszczalne jest zestawienie tylko takie, że obiektyw ma krótszą ogniskową od ogniskowej okularu względnie równą, ale nie większą.



Rys. 18

- Statyw można odchyłać od pionu (nie nadmiernie) popuszczając oraz dokręcając nakrętkę śruby tworzącej przegub. Przechylenie można jedynie na tyle, na ile pozwala oprawka lusterka.
- Ilość światła wpadającego do obiektywu możemy regulować tarczą z przesłonami.
- Ze względu na stosunkowo małą jasność obrazu, obserwacja daje lepsze wyniki przy zastosowaniu światła sztucznego zamiast dziennego. Powiększenie naszego mikroskopu obliczyć możemy łatwo na podstawie podanego wcześniej wzoru. Ogniskowe soczewek obiektywu i okularu najłatwiej wyznaczyć doświadczalnie mierząc odległość od „ostrego” obrazu odległego przedmiotu, np. lampy czy słońca, do środka soczewki. Przy czym należy wykonać po kilka pomiarów i wyniki uśrednić. Pomiary ogniskowych lepiej zrobić przed zamocowaniem soczewek do oprawy obiektywu i okularu; chociaż po zamocowaniu też jest to możliwe.
- Nastawianie mikroskopu na ostrość odbywa się przez przesuwanie w górę i w dół tubusa, z jednoczesnym jego pokręcaniem, co daje nam gwarancję płynności i precyzji przesunięć.
- Na zakończenie pozostaje jedynie życzyć owocnych obserwacji i szerszego zainteresowania mikroskopem, który jako przyrząd badawczy oddał człowiekowi nieocenione usługi.

Marek Miś