

# NA WARSZTACIE

ŚWIATŁOMIERZ Z FOTOOPORNIKIEM (Władysław P. Jabłoński) — MINIATUROWY ODBIORNIK TRANZYSTOROWY, dokończenie (Wiesław Kuśmierz) — POJEMNIK DO PRZECHOWYWANIA POSCIELI (Jerzy Pietrzyk)

## ŚWIATŁOMIERZ Z FOTOOPORNIKIEM

Przeciętny fotoamator coraz częściej korzysta ze światłomierza elektrycznego. Wpływa na to niewątpliwie przystępna cena owego urządzenia. Światłomierz „Leningrad”, wyprodukowany w ZSRR, kosztuje około 400 zł (dwukrotnie taniej niż popularny aparat na format 6×6) i jest w sprzedaży w sklepach Foto-Optyki „Leningrad” jest światłomierzem jednozakresowym. Pomiaru można dokonać jedynie przy dość silnym oświetleniu. Przy słabym świetle wskazówka przyrządu nie wychyla się wcale.

Zasadę działania takiego światłomierza wyjaśnia rys. 1. Światło padając na płytkę pokrytą selenem powoduje powstanie słabego prądu elektrycznego, który przepływając przez czuły galwanometr powoduje wychylenie się wskazówki. Każde dwukrotne zwiększenie natężenia światła powoduje wychylenie się wskazówki o jedną podziałkę dalej.

Gdy patrzymy na skalę światłomierza selenowego (rys. 2), zauważymy, że jest ona nieliniowa. Na

początku, w pobliżu zera, następuje silne zagęszczenie kresek podziałki. Podobne zagęszczenie, lecz o mniejszym nasileniu, występuje na końcu skali. Światłomierz daje dokładny pomiar tylko wtedy, gdy wskazówka znajduje się między 4 a 11, trudno bowiem ustalić, czy wskazuje 1 czy 2, jeśli te dwie cyfry dzieli odległość równa grubości wskazówki.

Na zupełnie innej zasadzie działają światłomierze wyposażone w fotoopór. Schemat takiego urządzenia przedstawia rys. 3. Wskaźnik połączony jest szeregowo z ogniwem i opornikiem, zmniejszającym swoją oporność pod wpływem padającego nań światła. Światłomierz działa tylko w momencie odczytu, gdy nacisniemy włącznik przyciskowy (aby nie rozładowywać niepotrzebnie ogniwa).

Światłomierzem z fotooporem można mierzyć nawet bardzo słabe światło, gdyż prąd płynący z ogniwa jest kilkadziesiąt razy większy niż prąd wytwarzany przez płytkę selenową.



Opór fotoopornika zmienia się od kilku omów (przy oświetleniu słonecznym) do kilkunastu tysięcy omów (w zupełnej ciemności).

Ponieważ już przy oświetleniu fotooporu np. światłem świecy wskazówka miernika daje pełne wychylenie, buduje się światłomierze z kilkoma zakresami pomiaru i z przedłużoną skalą. Skalę taką widzimy na rys. 4. Koniec zakresu I jest początkiem zakresu II itd. Przy przełączaniu przyrządu na poszczególne zakresy, włącza się równolegle do zacisków miernika odpowiednio dobrane oporniki. Na schemacie ideowym światłomierza wykonanego w warunkach amatorskich widzimy dwa obwody: obwód I służy jedynie do zerowania miernika i kontrolowania stanu zużycia baterii.

Prąd z baterii płynie przez włącznik  $W_1$ , miernik, wstępny opór stały  $R_1$  i przez potencjometr wraca do drugiego bieguna baterii. Przy włączonym obwodzie I obracamy potencjometr tak, aby wskazówka miernika wychyliła się do końca skali. Wyłączwszy obwód I można dokonać właściwego pomiaru światła i włączyć obwód II naciskając włącznik  $W_2$ .

Prąd z ogniwa popłynie wtedy przez włącznik  $W_2$ , miernik, fotoopór, termistor i przez potencjometr wróci do ogniwa.

Termistor, włączony do układu, ma za zadanie kompensować wpływ temperatury na oporność fotoopornika. Jak już wspomnieliśmy, gdy oświetlenie jest zbyt silne i wskazówka miernika uderzy w odbój, włączamy przełącznikiem (P), równolegle do wskaźnika, dodatkowy opornik. Wówczas tylko część prądu przepływa przez uzwojenie ramki miernika i wskazówka wychyli się o mniejszy kąt.

Przy włączonym boczniku  $R_2$  bierzemy pod uwagę cyfry umieszczone na skali II. Analogicznie postępujemy, gdy nie wystarcza zakres II. Wówczas włączamy przełącznikiem P jeszcze jeden bocznik

( $R_3$ ) i odczytujemy cyfrę ze skali III.

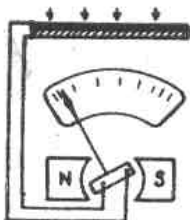
Sposób przyłączenia oporników bocznikujących do przełącznika przedstawia rys. 5. W poz. I styki 1, 2, 3 są rozłączone, w poz. II styki 1 i 2 są połączone, pracuje opornik  $R_2$ . W poz. III wszystkie styki przełącznika są połączone, pracują oporniki  $R_2$  i  $R_3$ .

Przy oświetleniu fotooporu światłem słonecznym system bocznikowania nie wystarcza. Oporność fotooporu maleje wówczas do kilku omów i światłomierz nie reaguje na niewielkie zmiany w oświetleniu. Radzimy sobie w ten sposób, że wraz z włączeniem zakresu III, przed fotooporem umieszczamy zasłonkę z ciemnego szkła.

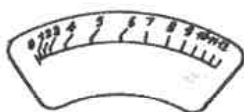
Pracę nad budową światłomierza rozpoczniemy od skompletowania części. Do naszego celu nadaje się właściwie każdy miernik (miliamperomierz). Miernik powinien mieć dużą czułość i małe wymiary, lecz nie to jest najważniejsze, przede wszystkim powinien być on w doskonałym stanie technicznym. Zespół ruchomy, ramka i wskazówka — dobrze wyważone. W każdym położeniu koniec wskazówki powinien znajdować się w pozycji zerowej.

Fotoopór może być dowolnego typu. W sklepach z art. radiotechnicznymi możemy nabyć fotoopór stosowany w telewizorach do sterowania jasności obrazu, termistor (10  $\Omega$ ), trzyczakresowy miniaturowy przełącznik (od głuchosłuchów, miniaturowy potencjometr (15 k $\Omega$ ). Trochę oporników i włącznik przyciskowy każdy radioamator ma w szufladzie.

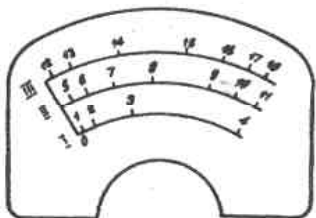
Trochę kłopotów sprawi nam dobranie odpowiedniego pudełka na obudowę. Pudełko powinno być z nieprzezroczystego i łatwego w obróbce tworzywa, a w kształcie i wymiarach zbliżone do przedstawionego na rysunkach. Dążenie do miniaturyzacji, jeśli chodzi o budowę światłomierza, nie jest wskazane, gdyż w zasadzie jest on przeznaczony do mierzenia światła w domu, a



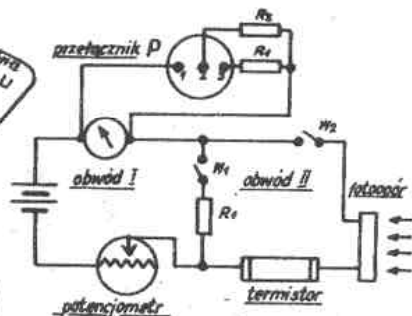
Rys. 1.



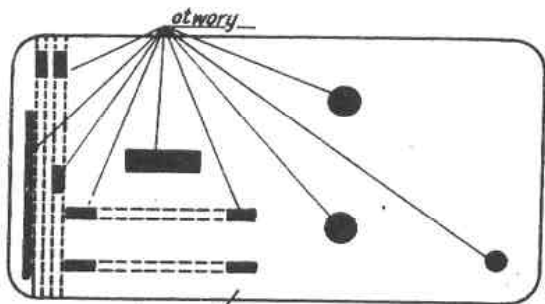
Rys. 2.



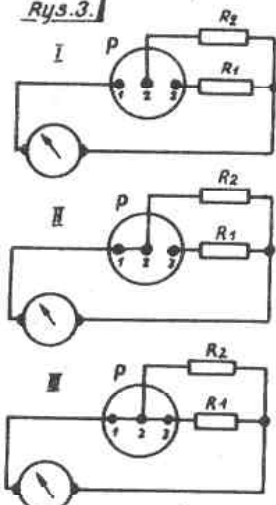
Rys. 4.



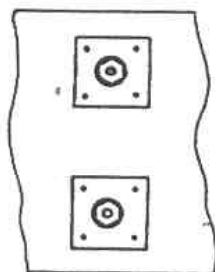
Rys. 3.



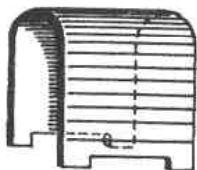
Rys. 6.



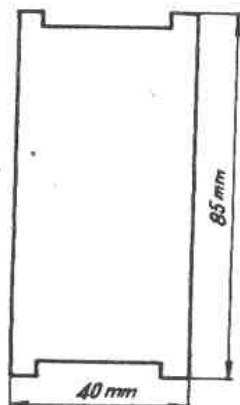
Rys. 5.

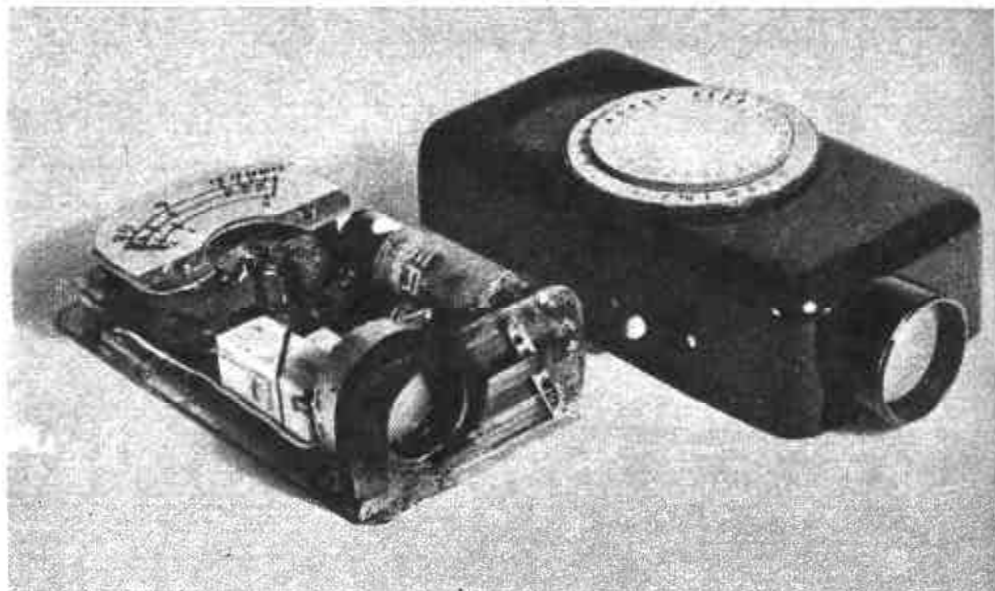


Rys. 7.



Rys. 8.





nie do noszenia w kieszeni na wycieczki.

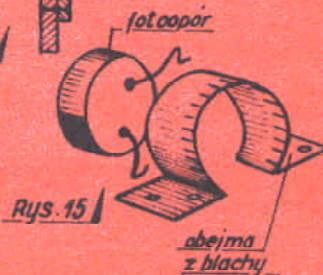
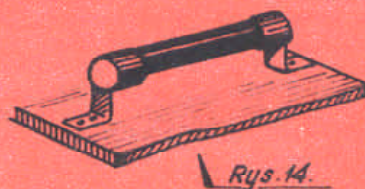
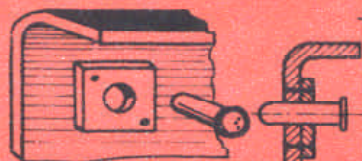
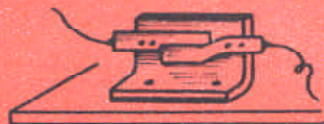
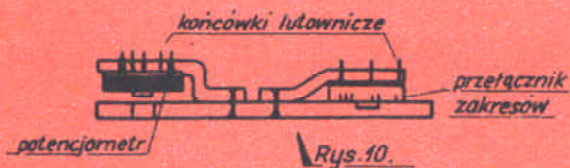
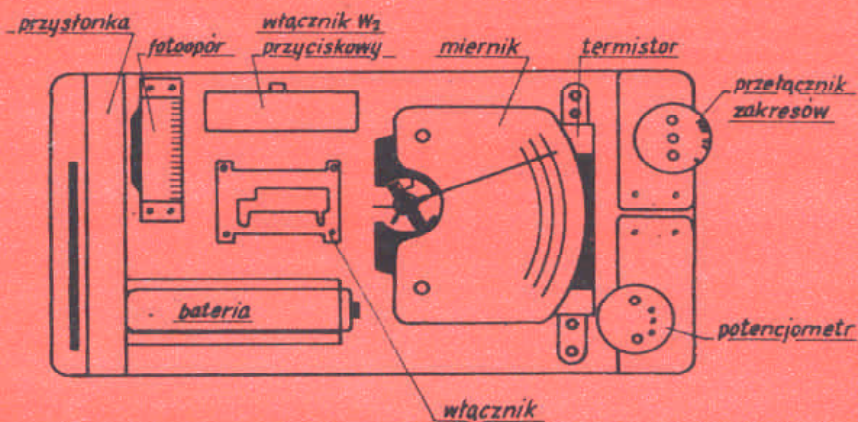
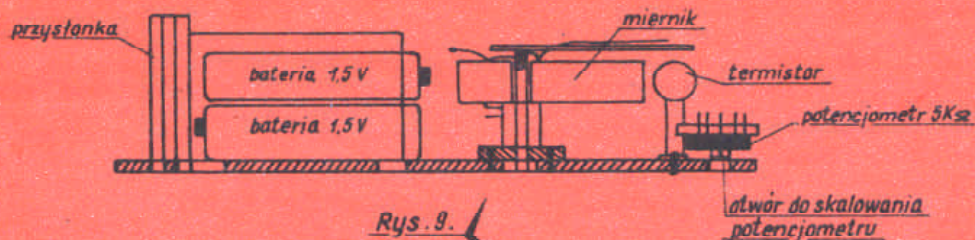
Fotografia przedstawia światłomierz zbudowany w pudełku bakelityowym. Ma ono prostokątny kształt o zaokrąglonych rogach. Do pudełka dorobione zostało dno z kawałka szkła organicznego grubości 2 mm o wymiarach  $120 \times 62$  mm (rys. 6). Przezroczyste tworzywo zostało w tym wypadku użyte na dno celowo. Widać przez nie podczas montażu, gdzie wywiercić otwory, czy w którym miejscu coś się zaczepią o obudowę itp.

Do płytki przykręcony został miernik na dwóch przelotowych śrubach M-3. Ponieważ pleksi nie można nagwintować, trzeba stosować nakrętki, które wystawałyby z płyty dennej, więc w odpowiednich miejscach wywiercono otwory o średnicy nakrętek, na te otwory przyklejono kwadratowe kawałki pleksi i dopiero w nich wywiercono otwór o  $\phi$  3 mm. Płytki są jeszcze dodatkowo przynitowane miedzianymi nitami (rys. 7).

Dwie okrągłe baterijki przymocujemy do podstawy za pomocą wygiętego w podługę paska pleksi o wymiarach  $40 \times 85$  mm (rys. 8). Wyginanie pleksi odbywa się w następujący sposób: wkładamy stare skórzaną rękawiczkę, rozgrzewamy pasek pleksi nad płomieniem kuchenki gazowej (po obu stronach), a następnie owijamy pleksi na dwóch złożonych baterijkach. W tej pozycji należy utrzymać pleksi aż do wystygnięcia, gdyż gorące natychmiast odgina się z powrotem.

Wygięty uchwyt baterijek mocujemy do podstawy na wpusty wsunięte w prostokątne otwory wycięte w podstawie. Wystające z drugiej strony końce rozginamy krawędzią gorącej lutownicy i dodatkowo smarujemy klejem (rys. 9).

Za pomocą 2 pasków pleksi o wymiarach  $15 \times 30$  mm mocujemy do podstawy potencjometr oraz przełącznik zakresów (rys. 10). Otworki na końcówki lutownicze wypalamy rozgrzaną igłą lub wiercimy wiertłem dentystycznym. Kształtki i





pleksi mocujemy do podstawy na klej i jednocześnie za pomocą nitów z cienkiego miedzianego drutu.

Również za pomocą miedzianych nitów mocujemy do podstawy przełącznik zakresów. Pod przełącznik podkładamy przed przynitowaniem podkładkę wyciętą z kawałka winiduru (pleksi jest zbyt kruche) (rys. 11). Jako przełącznik ( $W_1$ ) wykorzystamy gotowy przełącznik suwakowy od „Kolibra”.

Przycisk włączający układ podczas pomiaru światła wykonamy ze zniszczonego tranzystora (po oberwaniu końcówek). W tym celu do wewnętrznej ścianki pudełka przynitujemy dwoma aluminiowymi nitami kawałek pleksi (rys. 12) i w tak pogrubionej ściance przewiercimy na wylot otwór o  $\phi$  5,5 mm tak, aby wsunięty weń łebek tranzystora luźno przesuwał się i zatrzymywał o swoje zgrubienie. W konstrukcji, którą opisujemy, przycisk z tranzystora trafia na włącznik przynitowany do podstawy. Włącznik o podobnym działaniu możemy zbudować sami, osadzając w płytce izolacyjnej dwa kawałki blachy (rys. 13).

Po odpowiednim odgięciu końcówek (rys. 14) nitujemy do podstawy termistor. Pozostaje jeszcze do przymocowania fotoopór oraz konstrukcja przysłonki do zasłaniania fotooporu. Fotoopór uchwycimy obejmą wykonaną z paska cienkiej blachy (z puszki od konserw) z ponacinanym brzegiem, który lekko zagniemy do wewnątrz (rys. 15). Obejmę z wklejonym do niej fotooporem przynitujemy do podstawy.

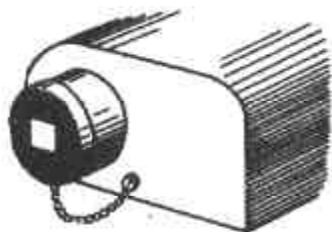
Teraz możemy przystąpić do budowy przysłony fotooporu. Można tu zastosować różne systemy: szufladkowy, w formie nakładki lub odchylanego na zawiasach wieczka. Warunkiem prawidłowego działania zasłonki jest jej absolutna szczelność dla bocznej światła. Na rys. 16 widzimy dwa wymienione warianty. W wykonanym prototypie światłomierza zastosowano trzeci system, szufladkowy. W prowadnicy

z dwóch ścianek z pleksi porusza się zasłonka z kawałka gumoidu z wprawionym w środku kawałkiem przydymionego szkła (od słonecznych okularów). Zasłonka porusza się dźwignią, wystającą przez szparę w podstawie światłomierza. Dźwignia przyciśnięta jest płaską sprężyną, aby zasłonka posuwała się z pewnym oporem i nie opadała samoczynnie. Całe urządzenie pomalowane jest czarną farbą nie przepuszczającą światła (rys. 17).

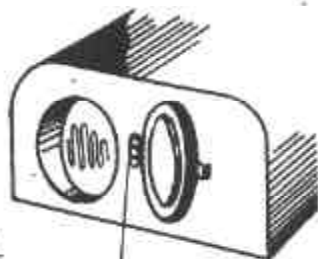
Teraz, po zmontowaniu elementów na podstawie, łączymy wszystkie części za pomocą izolowanych przewodów. W górnej ściance pudełka wyrzynamy pilką włósnicową otwór do odczytywania pomiarów (rys. 18). Szybki na razie nie wklejamy, natomiast zamiast skali miliamperomierza naklejamy kawałek białego papieru.

Skalowanie światłomierza najlepiej jest przeprowadzać korzystając z wzorca fabrycznego. W tym celu równoległe do miliamperomierza dolutujemy dwa cienkie przewody i wyprowadzamy je na zewnątrz. Następnie dolutujemy do nich potencjometr 5 k $\Omega$  i, skierowawszy światłomierz na silne światło (np. na białą ścianę oświetloną żarówką 500 W), obracamy gałkę potencjometru tak długo, aż wskazówka zbliży się do pełnego wychylenia. Manipulacje te przeprowadzamy przy fotooporze zasłoniętym przysłonką z ciemną szybką. Teraz mierzymy światło światłomierzem fabrycznym. Oświetlenie powinno być tak jasne, aby i on wskazywał najjaśniejsze światło. Wynik pomiaru zapisujemy np. tak: 16 przysłona, 1/100 sek. przy filmie średniej czułości. W naszym światłomierzu na tymczasowej skali znaczymy kreskę atramentem i piszemy liczbę 18. Zamiast potencjometru wstawiamy opornik o identycznej wartości.

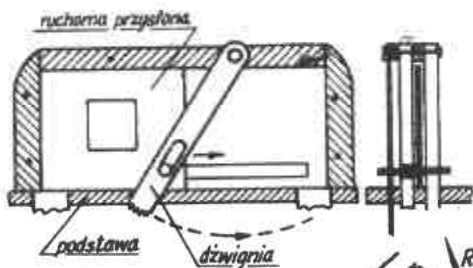
Następnie odsuwamy lampę oświetlającą ścianę o około 0,5 m tak, aby jasność ściany zmniejszyła się 2-krotnie (na podstawie wskazań światłomierza fabrycznego) i



Rys. 16



zamknięcie od okularów

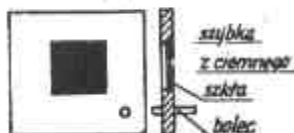


ruchoma przysłona

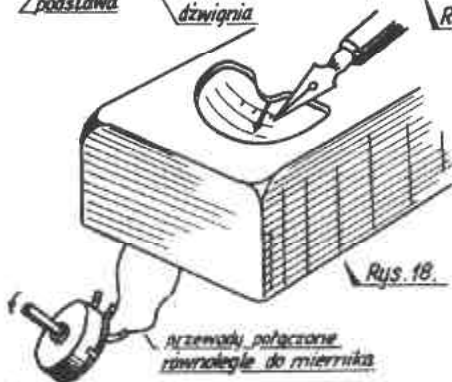
podstawa

dźwignia

Rys. 17

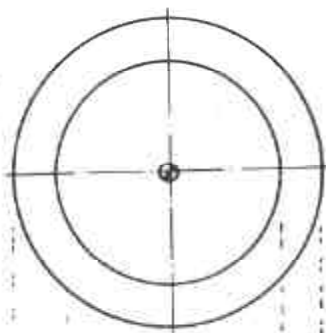


szybka z ciemnym szkłem  
bolec



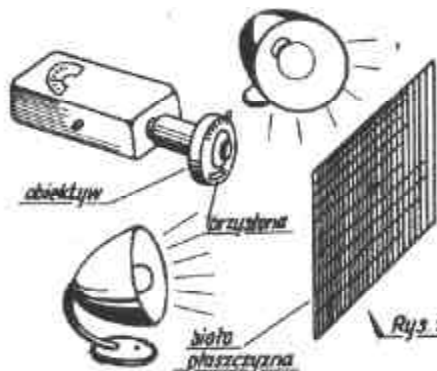
Rys. 18

przewody połączone równoległe do miernika



kalkulator

Rys. 20



obiektyw

lustrzana

światło płaszczyzna

Rys. 19



tańca ruchoma

tańca nieruchoma

pokrywa pudełka





Rys. 19. Ważer skali kalkulatora

kierujemy skalowany światłomierz na ścianę z tego samego miejsca. Znów znaczymy atramentem miejsce zatrzymania się wskazówki i piszemy cyfrę 17. Odsuwając lampę coraz dalej i zmniejszając siłę światła za każdym razem dwukrotnie, znaczymy na skali kreski i piszemy cyfry 16, 15, 14, 13, 12, 11.

W ten sposób dojdziemy do początku skali zakresu III. Gdy nie mamy światłomierza fabrycznego i nie możemy skalować naszego światłomierza przez porównanie, radzimy sobie w inny sposób. Na wystającą osłonkę fotooporu nakładamy kawałek zwiniętej rurki tekturowej. Na drugim końcu rurki osadzamy jakikolwiek obiektyw z przysłoną (rys. 19). Wiemy, że poszczególne ustawienia przysłony obiektywu np. z 2,8 na 4, na 5,6, na 8, na 11, dają za każdym razem 2-krotnie mniej światła skierowanego na nasz fotoopór. Ustawiamy przysłonę np. na 2,8. Oświetlenie ściany dobierzemy tak, aby wskazówka naszego światłomierza dawała prawie pełne wychylenie. Zmniejszając światło do przysłony 4, znaczymy piórkłem miejsce, gdzie zatrzyma się wskazówka. Tą metodą możemy wyznaczyć położenie dalszych cyfr na skali.

Rys. 4 przedstawia skalę z zaznaczonymi trzema zakresami. Zakres III, cyfry od 12 do 18, z zamkniętą przysłoną i z włączonym równoległe opornikiem ( $R_2$  i  $R_3$ ). Zakres II, cyfry 5 — 11 przy otwartej przysłonce i z włączonym opornikiem  $R_2$ . Zakres I przy otwartej przysłonce i wyłączonych opornikach.

Oporniki dobierzemy o takich wartościach, pomagając sobie potencjometrem, aby koniec skali I był początkiem skali II, itd. (patrz rys. 4 i 18).

Po dobraniu i ostatecznym ustaleniu oporników bocznikowych, wlotujemy je na stałe do układu elektrycznego (połączenie z przelaznikiem zakresów).

Pozostaje jeszcze do wykonania kalkulator. Narysowaną wg rysunku w dużym formacie skalę kalkulatora fotografujemy i odpowiednio zmniejszamy (pod powiększalnikiem). Naklejamy odbitki na tarczy kół kalkulatora (rys. 20), które wycinamy z płytki pleksi grubości 2 mm. Tarcze przykręcamy śrubką M-3 do górnej ścianki pudełka.

Teraz należy nasz światłomierz wypróbować. Wykonujemy kilkanaście zdjęć gładkiej płaszczyzny (np. białej ściany) w różnych warunkach oświetleniowych dokładnie mierzonych światłomierzem. Trzeba zwrócić szczególną uwagę na przechodzenie z jednego zakresu na drugi (cyfry 11—12 lub 4—5). Po wywołaniu filmu stopień zaciemnienia klatek filmu porównujemy ze wskazaniem światłomierza. W razie potrzeby наносimy poprawki na prowizorycznej skali światłomierza. Gdy jesteśmy już zupełnie pewni, że cyfry na skali są zaznaczone w odpowiednich punktach, postępujemy w podobny sposób jak przy wykonaniu kalkulatora. Rysujemy na czysto skalę w dużym formacie, fotografujemy ją i odbitkę naklejamy zamiast skali prowizorycznej.

Na zakończenie w otwór w górnej ściance wkładamy szybkę osłaniającą skalę i wewnątrz przyrządu.

Władysław P. Jabłoński