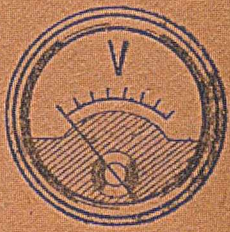
SAMOUCZEK TECHNICZNY
Wydawnictwo popularno-naukowe



Amatorskie wykonanie elektrycznych przyrządów pomiarowych

Z 27 rysunkami w tekście
i 2 Tablicami

Opracował A. Chomicz i L. Danilewicz

Nr. 43.

Cieszyńska
EK
nr 30

CIESZYN 1923.
NAKŁADEM KSIĘGARNI B. KOTULI.

SAMOUCZEK TECHNICZNY
Wydawnictwo popularno-naukowe

Nr. 43.

Amatorskie wykonanie elektrycznych przyrządów pomiarowych

Z 27 rysunkami w tekście
i 2 Tablicami

Opracował A. Chomicz i L. Danilewicz

Cieszyńska

CIESZYN
NAKŁADEM KSIĘGARNI B. KOTULI

WSTĘP.

Stosowanie jakichkolwiekbądź wiadomości teoretycznych możliwe jest tylko przy dokładnym poznaniu stosunków liczbowych, panujących w danej dziedzinie. Tylko w takim razie potrafimy orjentować się w każdym poszczególnym przypadku, odbiegającym od klasycznego szematu z podręcznika fizyki.

Dlatego pracę naszą poświęcamy przyrządom pomiarowym, dającym możność liczbowego ujmowania zjawisk elektrycznych. Teoretyczne rozważania ograniczamy do minimum, niezbędnego do rozumienia konstrukcji opisywanych przyrządów i ich zasady działania.

Zakres wiadomości, potrzebnych do czytania naszej pracy jest elementarny. W razie jakichkolwiek braków odsyłamy czytelnika do szkolnych podręczników fizyki.

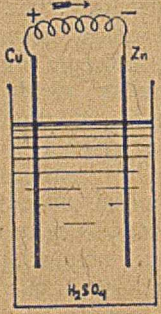
A. Chomicz.

L. Danilewicz.

Rozdział II.

Prąd elektryczny.

Prąd. Jeżeli zanurzymy w naczyniu zawierającym jakikolwiek kwas dwie płytki z różnych metali i połączymy je drutem — otrzymamy zjawisko fizyczne — zwane najogólniej prądem elektrycznym.



Rys. 1. Ogniwo Wolty.

Skutki działania prądu objawiają się nagrzewaniem sią drutu łączącego płytki, przeżeraniem się samych płytek, gromadzeniem się drobnych pęcherzyków gazów na tychże płytkach i t. d. Z pewnością twierdzić możemy, że te wszystkie objawy mają wspólną podstawę, że nie są samoistne i nezależne; Pewność ta wynika stąd, że wyżej wspomniane zjawiska występują zawsze razem, chociaż nie zawsze są uchwytne.

Układ ten, czyli para różnych, połączonych drutem płytek zanurzonych w kwasie nazywamy ogniwem galwanicznym (baterją).

Doświadczenie wykazało, że skutki działania występują najintenzywniej (prąd najsilniejszy), jeżeli jedną płytkę weźmiemy miedzianą, drugą cynkową, płyn zaś będzie rozcieńczonym kwasem siarkowym. Ogniwo takie nazywamy ogniwem Volty. (rys. 1)

Bieguny. Ponieważ widzimy, że prąd powstaje tylko po połączeniu płytek drutem, mamy prawo uważać, że prąd przenosi się (płynie wzdłuż drutu od jednej płytki do drugiej. Przepływ ten odbywa się zawsze w kierunku od miedzi do cynku, co można stwierdzić na pomocą pewnych przyrządów, o których będzie mowa niżej. Miedź i cynk zowiemy w tym wypadku biegunami ogniwa, a drut łączący bieguny przewodnikiem. Jeden z biegunów (mianowicie miedź) nazywamy dodatnim (+), a drugi (cynk), ujemnym (—). Nazwa ta pochodzi stąd, że, ponieważ elektryczność przepływa od bieguna dodatniego do ujemnego, możemy uważać, że jest jej na biegunie dodatnim jakby nadmiar, a na ujemnym brak, co właśnie mamy na myśli, mówiąc minus i plus. Nie wolno natomiast uważać, że elektryczność dodatnia i ujemna są jakiemiś przeciwieństwami. To jest ta sama energja, w różnym stopniu skupienia. Dla wyjaśnienia dodać należy, że mowa tu wyłącznie o prądzie (a nie o elektryczności statycznej) i że operowanie jedną tylko dodatnią np., czy ujemną elektrycznością jest niemożliwe.

Nasuwa się mimowoli analogja ze strumieniem wody. Woda również płynie zawsze od poziomu wyższego do niższego, przyczem niema żadnej rożnicy pomiędzy wodą na górze i na dole. Intensywność przepływu wody zależy od różnicy poziomów — co ma odpowiednik i w teorji elektryczności. Im większa jest różnica skupienia na biegunach, tem silniejszy jest prąd. Tę różnicę skupień nazywamy siłą elektrobodźczą — lub w naszym wypadku napięciem biegunów ogniwa.

Szybkość prądu. Ponieważ mamy tu do czynienia z przepływem prądu — nasuwa się pytanie, z jaką szybkością przypływ ten się odbywa. Liczne doświadczenia stwierdziły, że szybkość ta jest identyczna z szybkością rozchodzenia się światła i wynosi 300.000 klm sk. W domowej praktyce można uważać szybkość tę za nieskończenie wielką, a czas przepływu przyjmować równy zeru.

Opór i natężenie. Z analogji ze strumieniem wody można wyciągnąć jeszcze inne wnioski, które w dziedzinie elektryczności równie dobrze się sprawdzają. Weźmy dwa naczynia ustawione na różnych poziomach i połączone cienką rurką. Jeżeli górne naczynie napełnimy wodą, zacznie się przepływ z górnego naczynia do dolnego; przyczem spostrzeżemy, że tylko nieznaczne ilości wody przedostają się do dolnego naczynia przez długą i cienką rurkę. Gdyby jednak połączyć te same naczynia rurką grubszą — ilość wody, przepływającej w jednostce czasu znacznie by się powiększyła. I to w stosunku prostym do pola przekroju rurki oraz w stosunku odwrotnym

do jej długości. W elektryczności mamy znowuż analogję. Im dłuższy i cieńszy jest przewodnik, tem słabszy będzie prąd, czyli mniejsce jego natężenia. Trzeba tylko dobrze uświadomić sobie różnicę pomiędzy napięciem i natężeniem, żeby w przyszłości nie plątać tych pojęć. Napięcie jestto jakby różnica poziomów wody -- a natężenie ilość wody płynącej — ilość prądu. Widzimy z doświadczenia, że prąd wodny napotyka w rurce pewien opór, co ma miejsce również i w prądzie elektrycznym. Opór przewodnika*) jest wprost proporcjonalny do jego długości i odwrotnie proporcjonalny do przekroju, co wyrażamy wzorem $R = \frac{L}{S}$, R—opór L — długość przewodnika, S, pole przekroju przewodnika.

Zestawiając pojęcia oporu i natężenia dochodzimy do wniosku, że natężenie jest odwrotnie proporcjonalne do oporu, a ponieważ jest ono z poprzedniego wprost proporcjonalne do napięcia, możemy napisać następującą zależność

$$J_{nat.} = \frac{E_{nap}}{R_{opór}}.$$

Jednostki. Powyższe określenia nie wystarczą nam, jeżeli zechcemy przeprowadzać obliczenia ą gdyż do nich musimy mieć określone jednostki. Przyjęto jednostki następujące.

Volt (V) — jednostka napięcia, równy jest w przybliżeniu napięciu, wytwarzanemu przez 1 ogniwo Volty (ściśle biorąc ogniwo Volty daje 0.86 V.)

---

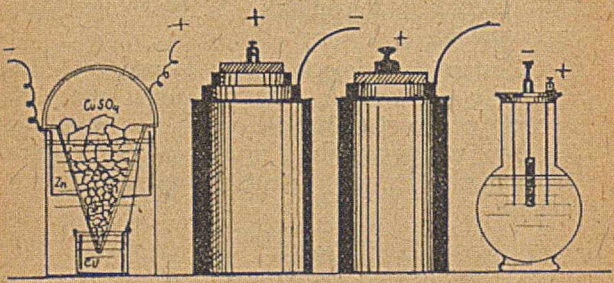
*) Patrz rozdział VI, mierzenie oporów.

Ohm (Ω) — jednostka oporu, równa się oporowi 45 m. drutu miedzianego grubości 1 mm.

Amper (A) — jednostka natężenia, równa się natężeniu prądu, wytwarzanego przez napięcie 1-go Volta, w przewodniku o oporze 1-go Ohma. (Przy obliczeniach należy brać pod uwagę również opór ogniwa = w przybliżeniu dla średniej wielkości ogniwa 1 Ohmowi.

Reasumując to wszystko możemy wzór poprzedni wyrazić w jednostkach mianowanych w sposób następujący

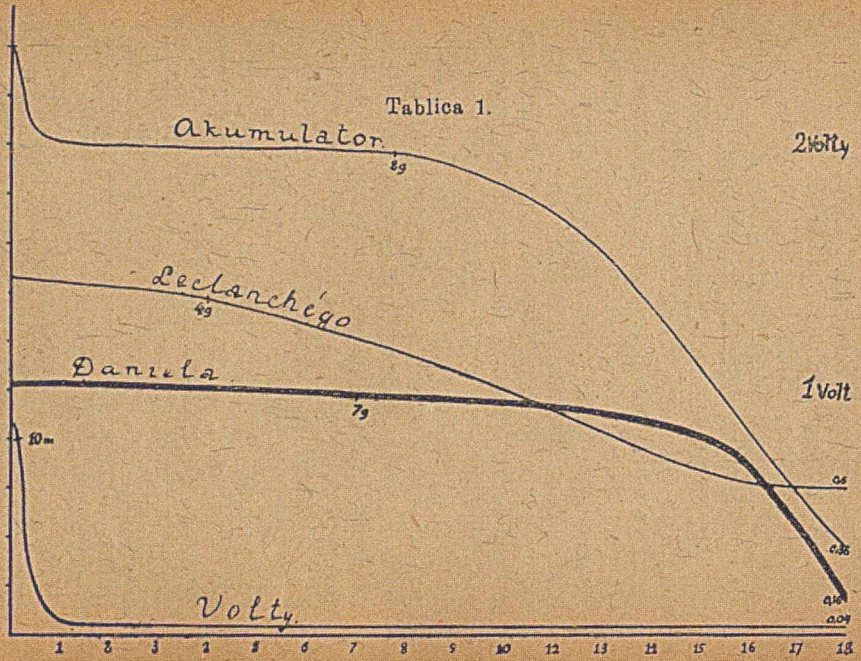
$$A = \frac{V}{\Omega}$$



Rys. 2. Meidingera, Daniela, Leclanche'go, Grenet'a.

Ogniwa i akumulatory. Źródłem prądu są ogniwa, akumulatory i dynamomaszyny (patrz odpowiednie samouczki). W praktyce amatorskiej posługujemy się przeważnie tymi dwoma pierwszemi, jako bardziej dostępnymi i wystarczającemi. Oprócz opisanego już ogniwa Volty istnieją jeszcze inne o własnościach podanych w załączonej tabliczce.

Tablica 1.


Akumulator
2 Volty
Leclanchégo
Daniela
1 Volt
10m
Volty
0,5
0,35
0,10
0,04
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
12
13
14
15
16
17
18

ogniwo Volty	0.86	V
ogniwo Daniella	1.07	V
ogniwo Meidingera	1.1	V
ogniwo Léclanchégo	1.4	V
ogniwo Suche	1.5	V
ogniwo Poggendorfa	2.0	V
ogniwo Grenet'a	2.0	V

Akumulatory. Oprócz ogniw pierwotnych, już opisanych, które same przez się wytwarzają prąd elektryczny istnieją jeszcze ogniwa pośrednie (wtórne), czyli t. z. akumulatory. Akumulatory same prądu nie wytwarzają, są tylko jakby zbiernikami prądu, tak że po naładowaniu prądem oddają go przez jakiś czas z powrotem. Stosunek ilości prądu otrzymanej z akumulatora do ilości włożonej dochodzi w dobrych akumulatorach do 0.85. Napięcie prądu wynosi prawie ściśle 2.0 Volty i nie ulega większym zmianom podczas wyładowywania. Czas działania akumulatora jest w prostym stosunku do jego wagi i waha się w granicach od 8—40 godzin. (Przyjmujemy, że siła prądu wynosi 1 Amper.) Dane te dotyczą akumulatorów amatorskich, dla tego, że są akumulatory znacznie silniejsze n. p. do samochodów, czy przemysłowe. Ponieważ ogólna ilość energji otrzymanej z akumulatora kilkakrotnie przewyższa ilość energji otrzymanej z ogniwa o jednakowej wadze — często bywa wygodniej posługiwać się właśnie niemi.

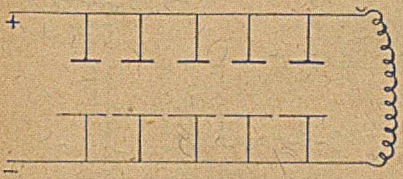
Łączenie ogniw i akumulatorów. Chcąc otrzymać prąd o większym napięciu lub natężeniu, łączymy ogniwa czy akumulatory w grupy (stosy) według 2 następujących sposobów:

1. Łączenie szeregowe (najczęściej stosowane).

$$J = \frac{nE}{nr+R};$$

Rys. 3. Łączenie szeregowe.

2. Łączenie równoległe.



$$J = \frac{E}{\frac{r}{n}+R};$$

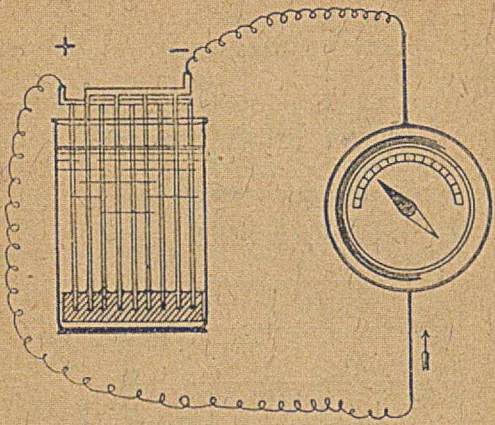
Rys. 4. Łączenie równoległe.

Rozdział III.

Istnieje ścisła zależność między zjawiskami magnetycznemi i elektrycznemi. Zjawiska, w których objawiają się działania elektryczne i magnetyczne jednocześnie nazywamy najogólniej elektromagnetycznemi. Prąd w tych wypadkach zachowuje się jak magnes, odchyla igłę magnesową, układa opiłki żelazne według linji sił, magnesuje żelazo i stal. Rozpatrzeniem tych właśnie zjawisk będzie stanowiło treść 2-go rozdziału.

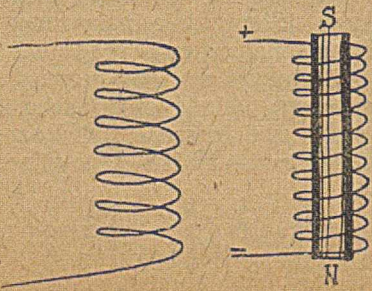
Działanie magnetyczne prądu. Jeżeli prąd płynie w kierunku od A do B i jeżeli w pobliżu tego prądu umieścimy kompas, to igła magnesowa kompasu odchyli się według

reguły, którą Ampère nazwał regułą pływaka. Reguła ta brzmi:



Rys. 5. Accumulator. Zasada Ampèrèa.

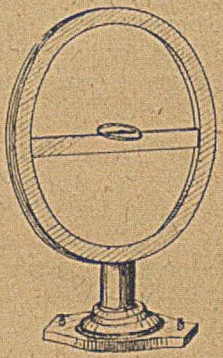
Biegun północny igły magnesowej (zazwyczaj czarny) odchyla się w kierunku lewej ręki pływaka, płynącego twarzą zwróconą na dół. (Do przewodnika.) Oprócz tego obserwujemy i inne skutki działania prądu.



Rys. 6. Soleroidy.

Solenoid. Działanie prądu znacznie się powiększa, jeżeli jeden drut zastąpić całym zwojem (drutów), t. z. solenoid, którego południowy biegun jest na końcu, po którym prąd płynie zgodnie z kierunkiem wskazówki zegarkowej.

Busola stycznych, przyrząd do mierzenia natężenia prądu, opiera się na zasadach tylko co podanych. Budowa jego jest następująca: na obręcz drewnianą o promieniu R na-



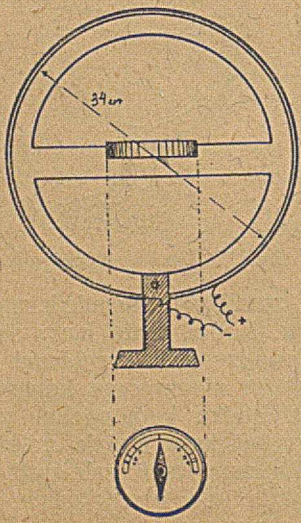
Rys. 7. Busola stycznych.

wija się n zwojów drutu miedzianego o grubości 1 mm. Końce drutu łączy się z baterją, tak, żeby po zwojach przebiegał prąd.

Wtedy igła magnesowa kompasu, umieszczonego we środku koła odchyli się i to tem znaczniej, im większe będzie natężenie prądu badanego. Matematycznie zależność między kątem odchylenia igły i natężeniem prądu wyraża się wzorem

$$J = \frac{5\,H\,.\,R}{\pi\,.\,n}\,.\,\mathrm{tng}\,\varphi \text{ amperów.}$$

gdzie H oznacza składową poziomą magnetezmu ziemskiego (dla Warszawy = 0.19), a φ — kąt odchylenia igły magnesowej. Jak widać ze wzoru wskazania takiego ampermetru są nie bardzo ścisłe, ponieważ w granicach jednej ćwiartki muszą mieścić wszystkie natężenia od 0 do ∞ i ponieważ H jest inne dla dwóch innych punktów kuli ziemskiej. Pozatem pamiętać należy, że rozpoczynając pomiary musimy ustawiać płaszczyznę koła w płaszczyźnie południka magnetycznego (tak, aby linja igły pokrywała się z linją średnicy koła), gdyż inaczej będziemy otrzymywali rezultaty zupełnie fałszywe.



Rys. 8. Budowa busoli.

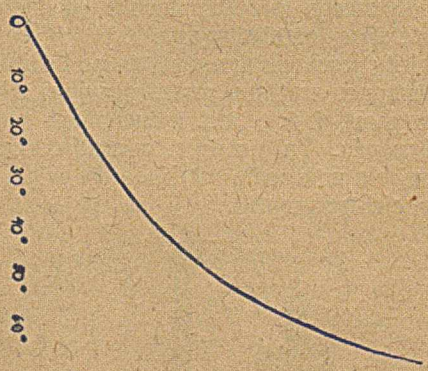
Budując busolę stycznych najwygodniej brać następujące wymiary (o ile busola ma mierzyć

natężenia ogniw i akumulatorów)

$$R = 17 \text{ cm}; n = 5$$

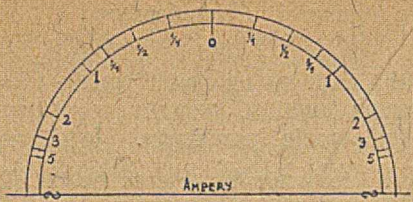
Wtedy wzór na natężenie będzie $J = \text{tng}\,\varphi$ Amp. Pewną trudność stanowi w całym urządzeniu skalowanie przyrządu. Jeżeli uważać $\frac{5\,H\,R}{\pi\,n} = K$, to wzór przybierze postać $K\,\text{tng}\,\varphi$ Spółczynnik K będzie dla danego przyrządu stały, więc wielkość natężenia prądu będzie zależała tylko od stycznej kąta φ. Można więc wcale nie skalując przyrządu odczytywać każdorazowo tng φ w zależności od φ wprost z tablic logarytmiczno-trygometrycznych i mnożyć wartość tng φ przez stałą K.

Przy skalowaniu natomiast bardzo pomocny je wykres, który bezpośrednio daje nam tng każdego kąta φ wyrażonego w stopniach.



Tablica 2.

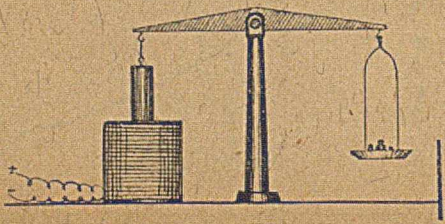
Po przeniesieniu danych tej tabliczki na ćwiartkę koła otrzymamy podziałkę następującą:



Rys. 9. Skala busoli.

Magnesowanie się żelaza pod wpływem prądu. Prąd płynący w przewodniku w pobliżu żelaza miękkiego magnesuje to żelazo. Działanie to, jak i w poprzednich wypadkach powiększa się w zależności od długości przewodnika. Pozatem jest w stosunku odwrotnie proporcjonalnym od odległości tegoż przewodnika. Zestawiając te prawa dochodzimy do wniosku, że najsilniejsze jest działanie prądu płynącego przez solenoid owinięty dookoła żelaznej sztabki. (Rys. 6.)

Należy jeszcze zauważyć, że pod działaniem prądu magnes nabiera nadzwyczajnej siły, (elektromagnes), którą traci natychmiast po przerwaniu prądu. Ta ostatnia własność ma bardzo doniosłe znaczenie w budowie wielu przyrządów elektrycznych.



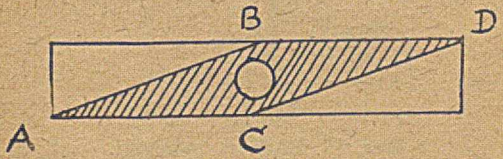
Rys. 10. Waga elektromagnetyczna.

Rozdział IV.

Mierzenie prądów słabych.

Przyrządy do tego celu używane dzielą się na dwie kategorje: Galwanoskopy, służące do wykrywania obecności prądu elektrycznego i galmanometry, służące do mierzenia wielkości prądu. Zajmiemy się przedtem galwanoskopami, które są prototypami galwanometrów. Galwanoskopy są to przyrządy zazwyczaj nader precyzyjne, toteż należy przy ich konstruowaniu zwracać szczególną uwagę na dokładność wykonania poszczególnych części.

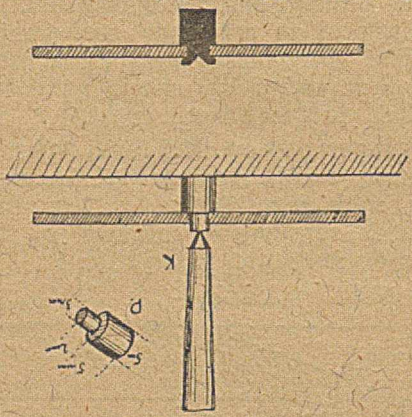
Galwanoskop. Najłatwiej wykonać galwanoskopu z igłą magnesową. Musimy zatem takową sobie przyrządzić. Do tego bierzemy kawałeczek sprężyny od budzika o stosunku długości do szerokości równym 6 : 1



Rys 11. Igła magnesowa.

Okręcamy go następnie końcem długiego drucika żelaznego i wkładamy do rozżarzonych węgli, trzymając drugi koniec drutu w ręku. Z chwilą dojścia sprężyny do wiśniowego żaru, wyciągamy ją z pieca i zawieszamy na druciku w ten sposób, aby do niczego nie dotykała, dla wolnego ostygania. Po ostygnięciu jest sprężyna o tyle miękką, że daje się z łatwościąciąć ciąć nożyczkami. W samym środku otrzymanej płytki wiercimy otworek około

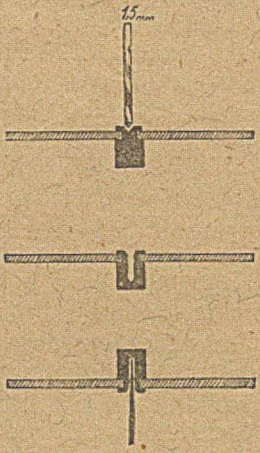
3 mm średnicy (patrz rys. 11) i przecinamy ją po linjach AB i CD, tak, iż powstaje ukośnik ABCD, na rysunku lekko zakreskowany. Większa część roboty jest już wykonana, zostaje igłę zahartować i namagnesować. Dla zahartowania należy znów zawinąć igłę drutem, przytem, dla pewności, można przepuścić drucik przez otwór igły. Przygotowujemy sobie



Rys. 12. Budowa panewki.

szklankę, napełnioną zimną wodą, w pobliżu pieca. Ogrzewamy igłę do jasno-czerwonego żaru, szybko wyciągamy z pieca i wrzucamy do wody w ten sposób, aby była ona zwrócona ostrzem na dół, w przeciwnym razie igła się może wyhaczyć. Po tej czynności igła staje się twardą jak szkło i nabiera własności magnesowania się. Należałoby tu zaznaczyć, że wszelką obróbkę należy wykonywać przed hartowaniem, gdyż potem możemy tylko odpolerować igłę na brusku szlifierskim z t. zw. zendry, powstałej

przy hartowaniu, roaz zaostrzyć końce A i D. Po zahartowaniu nie należy narażać igły na wysoką temperaturę, gdyż straci ona przez to hart i zdolność magnesowania się. Teraz należy przystąpić do wykonania panewki mosiężnej P. IRys. 12), którą umieszczamy w otworze igły. Wykonywamy ją z drutu mosiężnego, grubości około 5 mm, długości 6 mm, który

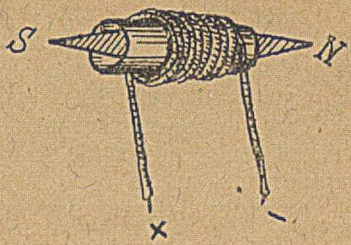


Rys. 13. Wiercenie otworu.

na jednym końcu opiłowujemy na długość 2 mm tak cienko, by wchodził z tarciem w otwór igły, czyli około 3 mm. Panewka ta musi być szczególnie dokładnie wykonana, gdyż należy od tego czułość igły magnetycznej. Umieszczamy panewkę w otworze igły, odwracamy ją w ten sposób, by oprzeć panewkę na płytce żelaznej, jak na rysunku 12, poczem określamy ściśle środek wystającej części panewki i umieszczamy

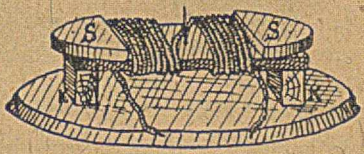
w nim ostrze stożkowego Kernera K, następnie uderzamy lekko młotkiem po Kernerze, od czego wystająca część panewki rozszerza się i trzyma ją mocno w igle. Wytwarza się jednocześnie koncentryczne zagłębienie stożkowe, potrzebne potem do wiercenia otworka (rys. 13). Wiercimy go borem o średnicy 1.5 mm tak długo, aż zostanie do przeciwległego końca panewki około 1 mm. Jeżeli odwrócimy teraz igłę i umieścimy otworkiem na bardzo cienkiej i ostrej szpilce, to o ile wszystko zostało ściśle wykonane, musi ona leżeć poziomo i lekko się obracać. Zazwyczaj jednak tak nie jest, gdyż jeden koniec igły jest zawsze cokolwiek cięższy od drugiego. Bierzemy wówczas brusek szlifierski i zeszlifujemy nieco cięższy koniec igły dopóty, aż igła będzie leżeć zupełnie równo na ostrzu. Po wyregulowaniu igły należy ją namagnesować. Owijamy ją do tego papierem i powierzch niego kilkoma metrami izolowanego drutu miedzianego (rys. 14). Drut powinien być dość cienki, ażeby przy owijaniu nie uszkodzić igły. Potem przepuszczamy przez drut prąd z silnej baterji ogniw lub z akumulatora. Od tego igła staje się magnesem. Odwijamy drut, usuwamy papier i igła gotowa. Dobrze namagnesowana igła może podnosić stalówkę do pisania. Po ponownym umieszczeniu igły na ostrzu, nie zachowuje się już ona obojętnie, jak poprzednio, lecz sama przez się ustawia się jednym końcem na północ, drugim na południe. O ile to nie nastąpi, należy magnesowanie powtórzyć. Ponieważ opiszemy tu kilka przyrządów z igłą, musimy sobie przyrządzić 2 lub 3 igły, chociaż można używać tej samej igły do wszystkich przy-

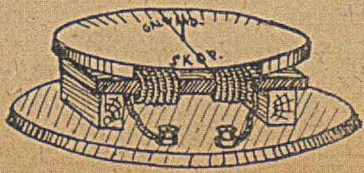
rządów. Najprostszy przyrząd przedstawiony jest na rys. 15.



Rys. 14. Magnesowanie igły.

Mała deseczka, trochę dłuższa od naszej igły ma z góry przyklejone drewniane segmenty SS, służące potem do podtrzymywania papierowej skali, z dołu dwa klocki KK do przymocowania przyrządu do podstawy. W samym środku deseczki wbijamy szpilkę ostrzem do góry tak wysoko, aby igła na ostrzu umiesz-

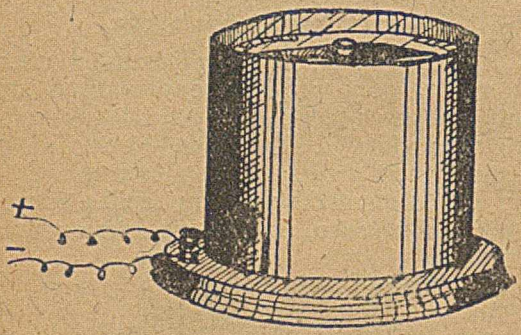




Rys. 15. Wewnętrzne urządzenie galwanoskopu.

czona znajdowała się w odległości 3 mm od powierzchni papierowego krążka, nasadzonego na szpilkę i opierającego się na segmentach.

Deseczki owijamy kilkudziesięcioma obrotami cienkiego drutu, izolowanego stale w jednym kierunku, wypuszczając końce po 10 cm na zewnątrz. Trzeba przytem uważać, aby druty nie wystawały ponad powierzchnię sektorów SS, w przeciwnym razie skala nie przystawałaby dokładnie. Po owinięciu deseczki drutem, smaru-



Rys. 16. Zewnętrzne wykończenie galwanoskopu.

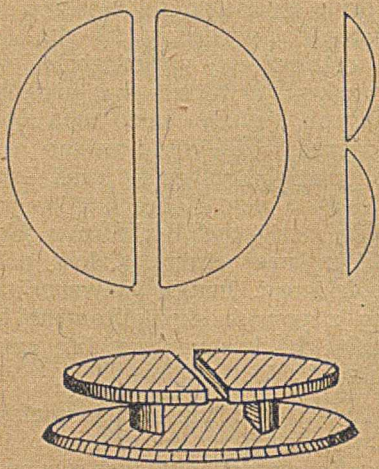
jemy segmenty klejem i nakładamy środkiem na szpilkę krążek ze sztywnego papieru, o średnicy nieco większej od długości naszej igły magnetycznej. Gdy papier się przyklei do segmentów, nakładamy na ostrze igły i przeprowadzamy przez środek krążka linję prostopadłą do kierunku owiniętej drutem deseczki pod spodem. Poniewao igła sama ustawia się z północy na południe — musimy tak obrócić aparat, aby przeprowadzona poprzednio linja zgadzała się z kierunkiem igły. Jeżeli teraz końce

drutu połączymy z przyrządem, w którym podejrzewamy obecność prądu, o ile prąd rzeczywiście jest, igła się odchyli w prawo lub w lewo, zależnie od kierunku prądu; o ile prądu niema, nie otrzymamy wcale odchylenia. Przyrząd opisywany jest tem czulszy, im więcej obrotów drutu umieścimy na deseczce. W praktyce amatorskiej wystarczy 50 obrotów drutu.

Dla ostatecznego wykończenia przyrządu należy przykryć go tekturowym pudełkiem, posiadającym na wierzchu szkło, aby igła i skala były widoczne. Szkło nie powinno w żadnym razie dotykać igły, najlepiej, jeżeli jest odległe od niej o 3—5 mm. Końce drutów przymocowujemy do mosiężnych naśrubków jak na rysunku 16 z lewej strony. Całość pokrywamy czarnym lakierem. Innych galwanoskopów nie opisujemy z powodu skomplikowanej konstrukcji. Zasadę ich działania znajdzie czytelnik w podręczniku fizyki.

Galwanometry. Galwanometry dla prądów słabych dzielą się na woltmetry i miliampermetry. Konstrukcja obu tych typów jest zasadniczo jednakowa, różnica polega na długości i grubości drutu w uzwojeniu. Dla zbudowania woltmetru należy zaopatrzyć się w cienką deskę (dyktę), drut miedziany izolowany grubości około 0.1 mm, długości około 100 metrów. Opór tego drutu równy jest w przybliżeniu 200 Ohmom. Prócz tych materjałów potrzebna jest igła magnetyczna, dokładnie wykonana i dobrze zrównoważona i 2 naśróbki mosiężne, jak na rys. 16. Z deski, grubości 6 mm wycinamy następujące części (rys. 17) laubzegą. Łączymy je za pomocą kleju (bez użycia żelaznych gwaź-

dzi!), jak na rys. 17 w dole, w ten sposób, że powstają jakby 2 szpulki, na wspólnej podstawie. Szpulki te owijamy następnie przygotowanym drutem, tak, iż kierunek zwojów w jednej jest odwrotny niż w drugiej, aby powstały 2 odmienne bieguny (Rys. 18).

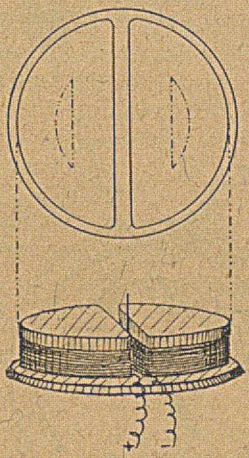


Rys. 17. Części drewniane galwanometru.

Końce drutów przylutowujemy do mosiężnych naśrubków. Po owinięciu szpulek wbijamy w środek dolnej podstawy cienką szpilkę ostrzem do góry ściśle pionowo na taką wysokość, aby igła na ostrze włożona była odległą od górnej powierzchni szpulek o 3 mm. Igła magnetyczna do tego aparatu ma być 6 cm dług.

Do górnej płaszczyzny szpulek przyklejamy krążek sztywnego papieru 6.5 cm średnicy, w ten sposób, aby ostrze szpilki przechodziło przez środek tego krążka. Przed przyklejeniem na-

leży narysować na krążku tuszem dwa koncentryczne okrągi: jeden w odległości 3 mm od brzegu, drugi w odległości 3 mm od poprzedniego; linje te są potrzebne do równego wykonania skali. Po przyklejeniu krążka kreślimy na nim tuszem cienką linję przechodzącą przez środek w kierunku szpary między szpulkami. Nakładamy igłę na ostrze, obracamy przyrząd tak, aby kierunek linji na skali odpowia-

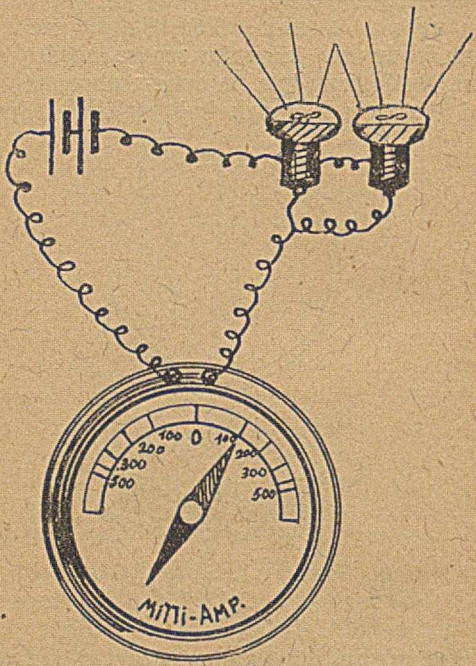


Rys. 18. Uzwojenie szpulek.

dał kierunkowi igły magnetycznej i przystępujemy do skalowania. Łączymy za pomocą izolowanych drutów naśróbki przyrządu z biegunami akumulatora. Igła woltmetru natychmiast się odchyli o pewien kąt i zacznie się wahać, zmniejszając stopniowo wielkość wahnięć. Nie odłączamy przyrządu od akumulatora, czekamy, aż igła się ustali i stawiamy w tem miejscu

kreskę od jednego okręgu do drugiego, jak na rysunku 19.

Ponieważ wiemy, że napięcie akumulatora naładowanego wynosi 2 wolty, piszemy na



Rys. 19. Cechowanie Milliampermetru.

wprost kreski cyfrę 2. Potem odłączamy przewodniki od akumulatora i zmieniamy połączenie drutów z biegunami, tak, iż prąd płynie w kierunku przeciwnym. Wtenczas igła przyrządu odchyli się w inną stronę, i tam, gdzie się za-

trzyma stawiamy znowu kreskę i cyfrę 2. Następnie łączymy aparat z 2 akumulatorami i pod otrzymanemi kreskami umieszczamy cyfry 4. Jeżeli posiadamy 3 akumulatory, otrzymamy podziałkę 6 woltów itd. Następnie dzielimy przestrzeń 0—2, w stosunku 5 : 3, stawiamy kreskę i cyfrę 1, tak samo postępujemy z innymi przedziałami. Otrzymujemy w ten sposób skalę w woltach dla obu kierunków prądu. Do woltmetru należy, jak i dla galwanoskopu przyrządzić tekturową przykrywkę, ze szkłem do obserwowania odchyleń igły, i pokryć całość czarnym lakierem. Jak poprzednio zaznaczyliśmy miliampermeter (miliamperomierz) jest tak samo skonstruowany, należy tylko owinąć jego szpulki drutem, rozwiniętym ze starego dzwonka; Drut ten ma około 0.5 mm średnicy. Cechowanie tylko prowadzimy w odmienny sposób. Do tego potrzebne są 2 żarówki od kieszonkowej latarki i 2 akumulatory. Przyrządy łączymy ze sobą podług zamieszczonego szematu (rys. 19). Przy dobrem połączeniu aparatów, obie żarówki muszą się jasno palić, a igła miliampermetru odchylić.

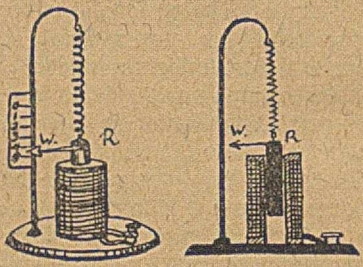
Ponieważ 2 żarówki zabierają 0.5 Amp. prądu, piszemy nawprost kreski 500. (milliamperów), czyli tysiącznych części ampera. Po usunięciu jednej z żarówek siła prądu zmaleje podwjnie, więc piszemy w tym miejscu 250. Drobniejsze podziałki wykonywamy na oko i otrzymujemy w ten sposób podziałkę co 50 milliamperów. Milliampermetru nie należy łączyć bezpośrednio z akumulatorem, gdyż zbyt silny prąd może uszkodzić uzwojenia i rozmagnezować igłę. O sposobie łączenia galwano-

metrów w obwod patrz rozdział VII, „Tablice Rozdzielcze".

Rozdział V.

Mierzenie prądów silnych.

Przyrządy do mierzenia prądów silnych, zbudowane są na innych zasadach. Najprostszym przyrządem do mierzenia natężenia prądu silnego jest ampermetr (ampromierz) sprężynowy. Opiszemy tu sposób jego budowy środkami amatorskiemi. Zasada działania jest bardzo pro-



Rys. 20. Ampermetr.
Widok ogólny. Przekroj.

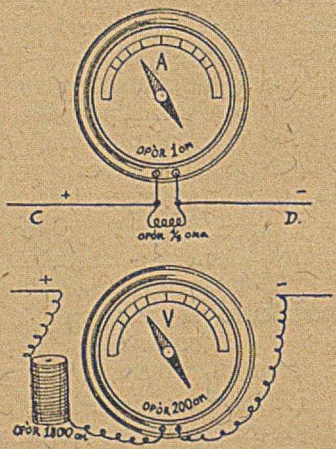
sta: szpulka z drutem (cewka), wciąga do wnętrza rdzeń żelazny tem silniej, im silniejszy jest prąd przepływający przez zwoje przyrządu. (Patrz rozdział III. „Elektromagnetyzm".) Odpowiednia sprężyna przeciwdziała temu ruchowi. Wygląd zewnętrzny tego przyrządu ilustruje rys. 20; przekrój urządzenia prawa strona tegoż rysunku. Wymiarów nie podajemy, gdyż mogą one być dowolne; zastrzegamy tylko, aby na szpulce było do 10 metrów drutu miedzianego, izolowanego, grubości 1 mm, lub nawet więcej — oraz, aby sprężyna nie była zbyt silna (pod

ciężarem rdzenia R, powinna ona wydłużać się o 3 mm.)

Przy przepuszczaniu prądu przez cewkę, który chcemy zmierzyć, rdzeń zostaje wciągnięty i to tem głębiej, im silniejszy jest prąd. Jeżeli na rdzeniu umieścimy wskazówkę w, a na podstawie skalę papierową — możemy nacechować nasz przyrząd, aby wskazywał siłę prądu w amperach. Cechowanie odbywa się w sposób następujący: Łączymy końce drutów z akumulatorem średniej wielkości — i w miejscu, pdzie zatrzyma się wskazówka, stawiamy kreskę. Opór akumulatora i ampermetru musi być przedtem ustalony (patrz rozdział następny). Ponieważ napięcie akumulatora wynosi 2 wolty, siła prądu, przepływającego przez ampermetr równa się $\frac{2}{R}$ amp., gdzie R, jestto łączny opór obu aparatów, określony sposobem opisanym w rozdziale IV i wyrażony w omach. Aby otrzymać podziałkę w amperach, należy przestrzeń od 0 do otrzymanej kreski podzielić na tyle części równych, ile amperów wykazuje iloraz $\frac{2}{R} = n$. Znacznie dokładniej można mierzyć siłę prądu za pomocą poprzednio opisanego milliampermetra. Urządzamy tylko t. z. odgałęzienie podług schematu na rys. 21, w następujący sposób: Określamy ściśle opór uzwojenia naszego milliampermetra za pomocą mostku Whitstone'a, następnie umieszczamy między jego spinkami A i B, odgałęzienie o oporze ściśle równym $\frac{1}{9}$ oporu miliampermetra. Prąd zatem, płynący po przewodniku CD ulega rozgałęzieniu, przyczem siła prądu w poszczególnych gałęziach będzie odwrotnie proporcjonalna do oporu danej gałęzi (prawo Ohma). Siła prą-

du w miliampermetrze będzie 9 razy mniejsza niż w odgałęzieniu R, będzie to zatem 1/10 część siły prądu w przewodniku CD.

Ażeby więc otrzymać rzeczywistą siłę prądu w tym przewodniku, musimy siłę prądu otrzymaną pomnożyć przez 10. Ponieważ miliampermetr nacechowaliśmy do 0.5 Ampera, możemy mierzyć za pomocą niego prąd do 5 Am-



Rys. 21. Ampero i woltomierz z odgałęzieniem.

perów włącznie. Gdybyśmy mieli mierzyć prądy silniejsze od 5 Amp., naprzykład do 10 Amp., urządzamy odgałęzienie o oporze 1/19 oporu miliampermetra.

Z woltmetrem postępujemy inaczej: o ile chcemy za pomocą naszego woltmetra, nacechowanego do 6 woltów mierzyć prądy do 60 woltów, umieszczamy przed nim drut o oporze 9 razy większym, od jego oporu własnego; w

tym wypadku wskazania woltmetra należy mnożyć przez 10.

Załączamy jeszcze tu wykres (tab. 2), umożliwiający ściślejsze nacechowanie galwanometra z igłą magnesową. Ilustruje on zależność wychylenia igły magnesowej od punktu zerowego, wyrażonego w stopniach kąta, w zależności od siły prądu w uzwojeniu przyrządu.

Rozdział VI.

Mierzenie oporów.

Przeba czasami wiedzieć ściśle wielkość elektrycznego oporu danego przewodnika lub aparatu. Metody pomiarowe służące do obliczania oporów są następujące.

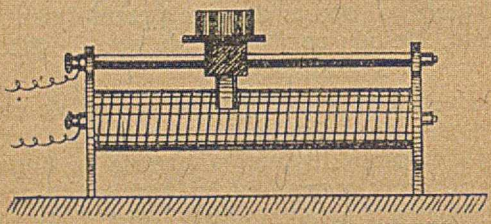
1. Metoda obliczenia, która jednak może być stosowana tylko do drutów metalowych o stałej grubości. Do tego potrzebne są 3 dane. Długość drutu, wyrażona w metrach, przekrój w milimetrach kwadratowych, oraz materjał z którego on jest zrobiony. Jeżeli oznaczymy przez l długość, przez q przekrój i przez R opór przewodnika w Ohmach, to otrzymamy następującą zależność:

$R = S \cdot \frac{l}{q}$, gdzie S jest spółczynnikiem oporu właściwego danego materjału. Spółczynnik ten ma wartość następującą dla przewodników używanych w praktyce:

Srebro	0.016
Miedź	0.017
Cynk	0.06
Platyna	0.09

Żelazo	0.10
Nikiel	0.13
Ołów	0.21
Nikielina	0.42
Rtęć	0.95

2. Drugą metodą nieco zawilszą jest metoda podstawiania. Stosuje ją się wtedy, kiedy nie można bezpośrednio zmierzyć grubości i długości przewodnika lub też, jeżeli w skład sieci wchodzą metale i płyny razem, jak to ma miejsce n. p. przy elektrolizie. Metoda polega na tym, że włącza się do zamkniętego obwodu z galwanometrem i baterją — badany opór i



Rys. 22. Opornica.

notuje się wskazania galwanometra. Następnie usuwa się opor badany i umieszcza zamiast niego opornicę (rys. 22), doprowadzając jej opór do takiej wielkości, aby galwanometr wskazywał poprzednią siłę prądu.

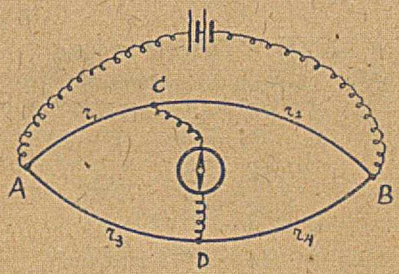
Opór zatem całej sieci jest tęn sam, co i w poprzednim wypadku, gdyż napięcie i natężenie prądu nie uległo zmianie; zatem opór opornicy jest równy oporowi badanemu. Ponieważ opór opornicy jest nam zawsze znany, więc odczytujemy poprostu jej wskazania. Jako opornica może służyć reostat kaskadowy, zatycz-

kowy i suwakowy, których budowa będzie opisana w następnych tomikach samouczka p. t. „Technika prądów słabych; Tablice i obliczenia".

3. Mostek Wheatstone'a. Metoda ta polega na zastosowaniu prawa Kirchhoffa, że natężenie prądu całkowitego równa się natężeniu w odnogach. Prądy w każdej odnodze mają natężenia odwrotnie proporcjonalne do oporów tych odnóg.

$$R = \frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} + \frac{1}{z_3} + \ldots + \frac{1}{zn}.$$

Jeżeli przewodnik składa się z 2 części o oporze R i R2, i spadek napięcia na jego koń-



Rys. 23. Mostek Wheatstone'a.

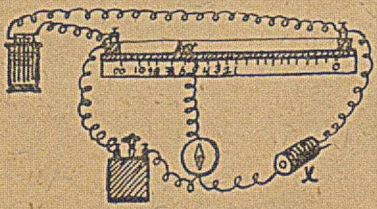
cach wynosi e, to spadek w poszczególnych częściach będzie wprost proporcjonalny do ich oporów. Zatem w pierwszej części będzie spadek $z_1 \cdot \frac{e}{z_1 + z_2}$, a w drugiej części $z_2 \frac{z_1 + z_2}{e}$.

Weźmy przewodnik złożony z 2 gałęzi, jak na rysunku 23. Ponieważ między punktami A i B istnieje spadek napięcia = e, zatem w obu gałęziach spadek napięcia jest jednakowy i ró-

wny e. Każda z tych gałęzi jest złożona z 2 części; opory tych części są w stosunku

$$z_1 : z_2 = z_3 : z_4.$$

Ponieważ te stosunki są równe, spadek napięcia w punktach C i D jest jednakowy i pomiędzy nimi niema wcale różnicy napięcia. Zatem, jeżeli połączymy je drutem, w który wstawimy galwanoskop — nie wskaże on nam obecności prądu. Zrozumiałą jest teraz budowa mostku Whitestone'a. Opór z_3 jest znany: wynosi zwykle 1, 10, 100 — z Opór z_4 jest nieznany i podlega zbadaniu. Gdybyśmy mogli zmieniać dowolnie stosunek oporów $z_2 : z_1$ — moglibyśmy go tak dobrać, aby galwanoskop nie wykazywał obecności prądu. W takim razie opór



Rys. 24. Mostek Wheatstone'a.

badany będzie wynosił zależnie od z_3 — jeden, dziesięć lub sto Ohmów, mnożonych przez stosunek $\frac{z_2}{z_1}$. Stosunek ten możemy zmieniać w sposób następujący: Na deseczce długości 1 metra naciągamy cienką strunę stalową (patrz rysunek 24); na odległości 3 mm od niej pod struną może się posuwać wszdłuż struny miedziany konik z naśrubkiem do przymocowywania drutu, prowadzącego do galwanoskopu. Na deseczce

mamy podziałkę, wyrażającą stosunek długości jej odcinków w tym punkcie. Ponieważ opór jest wprost proporcjonalny do długości przewodnika — otrzymujemy odrazu na skali stosunek oporów $\frac{z_2}{z_1}$, jeżeli konik umieścimy naprzeciw danej podziałki. Sposób postępowania jest widoczny z rysunku.

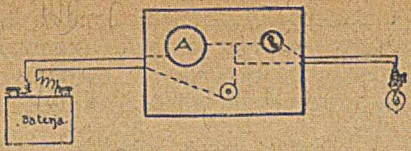
Po włączeniu wszystkich oporów podług schematu przesuwamy konik wzdłuż struny dopóty, aż galwanoskop przestanie wskazywać obecność prądu. Mnożymy wtedy liczbę wskazaną przez górną podziałkę przez ilość ohmów włączonych jako 2-3 (w wypadku danym 100 — z). Iloczyn wskaże nam odrazu opór poszukiwany $x = {}_4z$.

Mierzenie oporu ogniwa, można uskutecznić za pomocą ampermetru, którego opór jest bardzo mały w porównaniu do oporu ogniwa tak, aby go można było pominąć. Jeżeli ampermetr wskaże natężenie prądu J, to włącza się w obwod taki opór, żeby natężenie spadło do $\frac{J}{2}$; w takim razie opór wewnętrzny ogniwa równa się oporowi włączonemu.

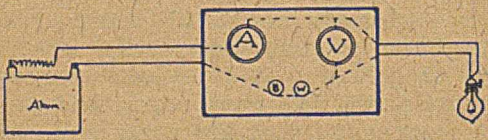
Rozdział VII.

Tablice rozdzielcze.

Na zakończenie podajemy 2 schematy połączeń naszych przyrządów, czyli 2 schematy t. z. tablic rozdzielczych. Ponieważ technika tych urządzeń przekracza zakres naszej pracy podajemy tylko kilka rysunków, jako uzupełnienie i zakończenie naszej pracy.



Rys. 25. Tablica najprostsza.



Rys. 26. Tablica z ampero i woltomierzem.