

I. Podstawowe pojęcia

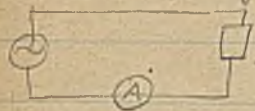
II. Zastosowanie działań przyrządów pomiarowych

III. Metody pomiarowe

IV. Zast. elektr. metod pomiarowych do pomiaru wielk. nieelektrycznych.

Zasada niemyznaczalności zjawisk

Heisenberg powiada, że zjawiska nigdy nie będącym w jego czystej formie.

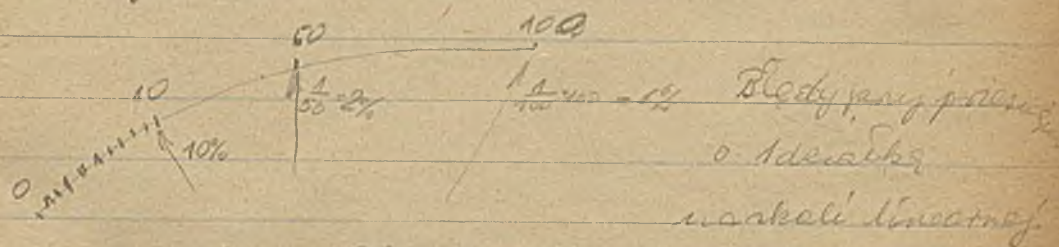


Każda mała i mały prąd, wtedy obwód przyłączenia amperomiera zmienia się.

Odczyty na skalach logarytmicznych (suwki)

... .. nie logarytmicznych

są mniej dokładne



n.p.  $I \approx 100 \text{ mA}$  przy przyrządzie 1 A.  
 będzie **stwierdzenie**

Wykresy na papierze logarytmicznym.

$I = f(x)$

$R = f(U)$

U badane ograniczone  $< \begin{matrix} 0.001V \\ 100V \end{matrix}$

1) na skali liniowej

0      0.001      0.1

wykres byłby trudniejszy do wybrnięcia

m.p. prostownika

0.001 V      15 V

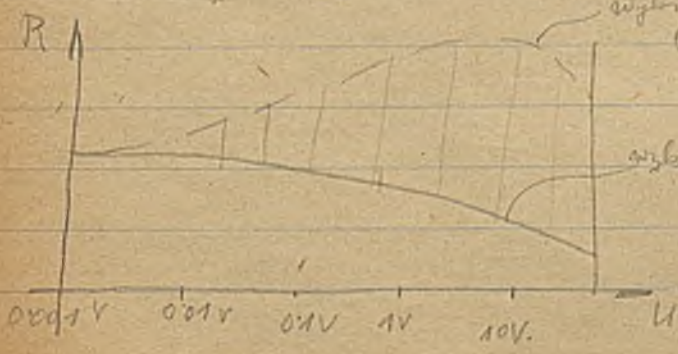


próba pionowa



próba długa (nie przepięcie) (prąd)

W skali log.



wzrost obciążenia (prąd) pod napięciem

wzrost oporu gdy prąd przepływa

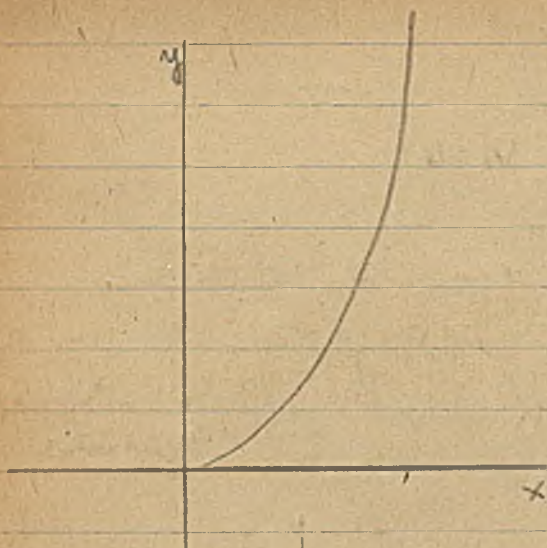


Odległość od źródła dźwięku - w powietrzu - 340 m/s.

Zmiana oporu iardówki metalowej.

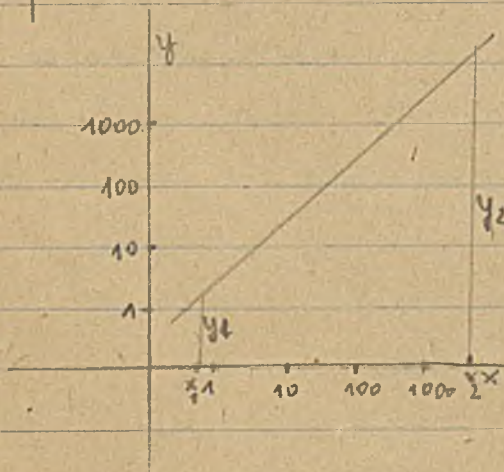
$$\frac{R_{\text{min}}}{R_{\text{in}}} = \frac{12 \cdot 14}{1} - \text{Stosuje się też}$$

rychłość w skali log.



$$y = Cx^n$$

Pray shali log.  
 prahiz banyar  
 darsing parosta



no shali log.

$$y = Cx^n$$

subany C i n

$$y_1 = Cx_1^n$$

$$y_2 = Cx_2^n$$

$$C = \frac{y_1}{x_1^n}$$

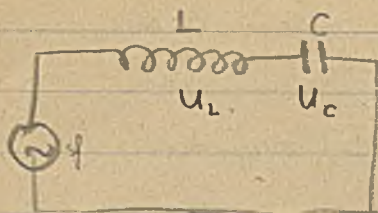
$$\frac{y_1}{y_2} = \left(\frac{x_1}{x_2}\right)^n$$

$$\log \frac{y_1}{y_2} = n \log \left(\frac{x_1}{x_2}\right)$$

$$n = \dots$$



# Przykład z rezonansu.



$$U_L = U_C$$

Warunek rezonansu

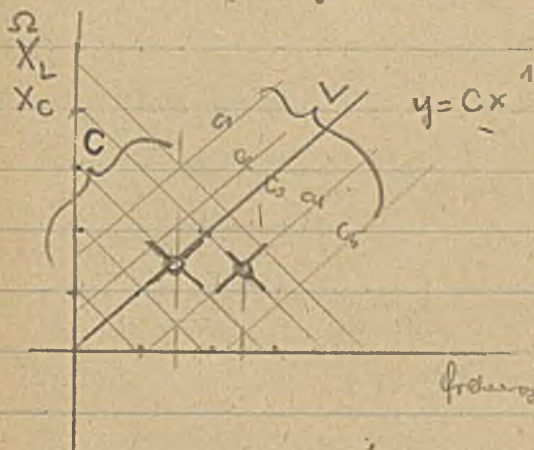
$$X_L = \omega \cdot L$$

$$X_L = X_C$$

stanisko rezonansu

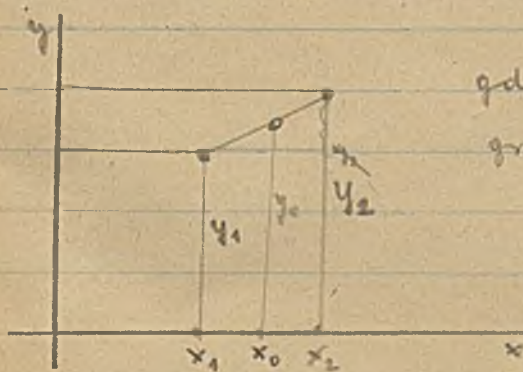
$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

L i C zależą od częstotliwości



dla tych 2 przebiegających się, prostym zachodzi rezonans

## Interpolacja



gdz  $y_0$  niewiadomą wyznaczamy, graficznie się to do zrobici.

konwersja:

$$\frac{y_0 - y_1}{x_0 - x_1} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$y_0 = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x_0 - x_1)$$

$$y_0 = y_2 - \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x_2 - x_0)$$

Practelna asertiv' nabitica zalozine od temperature  
 temp. 20°

$$t_1 = 18,30^\circ\text{C}$$

$$R_1 = 275,30 \Omega$$

$$t_2 = 20,75^\circ\text{C}$$

$$R_2 = 277,88 \Omega$$

$$t_0 = 20,00^\circ\text{C}$$

$$R_0 = ?$$

$$R_0 = 275,30 + \frac{277,88 - 275,30}{20,75 - 18,30} (20,00 - 18,30)$$

$$R_0 = 277,03 \Omega$$

Opor na mostku.

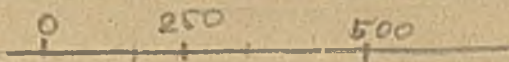


$$\frac{R_x}{R} = \frac{100}{100}$$

$$R_x = R$$

Uprizor  
 opor na mostku

$$\begin{array}{r} 10 \\ 5 \\ 2 \\ 2 \\ 1 \\ \hline 9,5 \\ 0,2 \\ 0,2 \\ 0,1 \end{array}$$



$$R' = 62,8 \Omega$$

$\alpha_1 = 237 \text{ mm}$

$$R'' = 62,9 \Omega$$

$\alpha_2 = 272 \text{ mm}$

$$\alpha_2 = 272 \text{ mm}$$

opor na mostku

$$R' = 62,8 \Omega \quad \alpha_1 = 237 \text{ mm}$$

razina 0,1

$$R'' = 62,9 \Omega \quad \alpha_2 = 272 \text{ mm}$$

$$R = \dots \quad \alpha = 250 \text{ mm}$$

$$R = 62,8 + \frac{62,9 - 62,8}{272 - 237} \cdot (250 - 237)$$

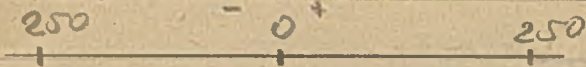
$$R = 62,837 \Omega$$

$$R = 62,837 \Omega$$



Byzleland:

Werte:



$$R' = 120,5 \Omega \quad \alpha' = -16^\circ \quad -16 \text{ dB}$$

$$R'' = 120,6 \Omega \quad \alpha'' = +70$$

---

$$R = ? \quad \alpha = 0$$

$$R = ?$$

# Wrony przybliżone uproszczenie

$$(1+\delta)^n \quad \delta \ll 1$$

$$\delta = 0,01$$

$$\delta = 0,001$$

$$\delta^2 = 10^{-4}$$

$$\delta^2 = 10^{-6}$$

$$(1+\delta)^2 = 1+2\delta+\delta^2$$

$$0,9995^2 \approx 1-0,001$$

$$(1+\delta)^2 \approx 1+2\delta$$

$$1,01^2 = 1,02$$

$$(1-\delta)^2 \approx 1-2\delta$$

$$(1\pm\delta)^m \approx 1\pm m\delta$$

$$\frac{1}{1\pm\delta} \approx 1\mp\delta$$

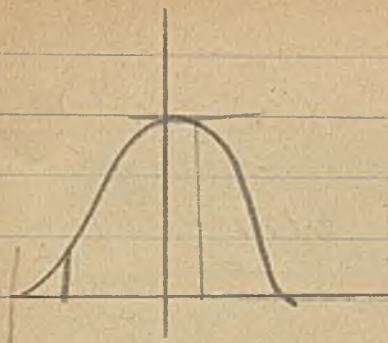
Kohlrausch

$$(1+\alpha)(1+\beta)(1+\delta) \approx 1+\alpha+\beta+\delta$$

$$\frac{1}{(1\pm\delta)^2} \approx 1\mp 2\delta$$

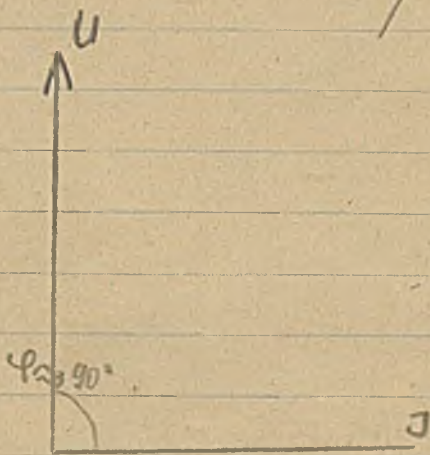
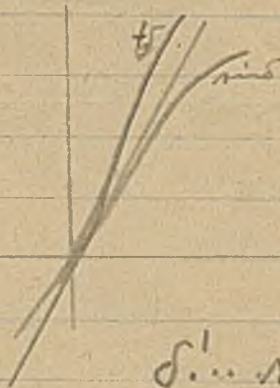
$$\frac{1}{\sqrt{1\pm\delta}} \approx 1\mp \frac{1}{2}\delta$$





$$\begin{aligned} \sin \delta & \quad \operatorname{tg} \delta \\ \delta = 10' & \quad \sin \delta = \operatorname{tg} \delta = 0,00291 \\ \delta = 1' & \quad \sin \delta = \operatorname{tg} \delta = 0,000291 \end{aligned}$$

Pata nalybina  
 letovce rotonnima  
 i transformatorov  
 pomera od



$$\begin{aligned} \delta' \dots \sin(\delta') &= \operatorname{tg}(\delta') \\ &= 0,000291 \cdot \delta' \end{aligned}$$

$$\delta' = 3440 \sin \delta$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} \approx \frac{1}{\cos \varphi}$$

$$\varphi \rightarrow 90^\circ$$

$$\sin \varphi \rightarrow 1$$

$$\cos \varphi = 0,1$$

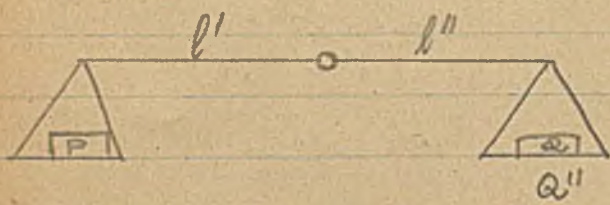
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{0,1} = 10$$

$$\varphi \approx 0$$

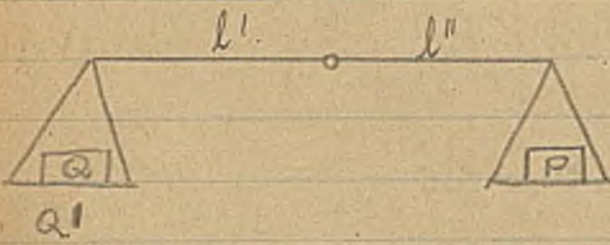
$$\cos \varphi \approx 1$$



$\varphi$	0	1°	2°30'	10°
$\cos \varphi$	1	0,9998	0,9990	0,9848
roznica		-0,2%	-0,1%	-1,5%



waga nietykalna



$$Pl' = Q''l'' \quad Pl'' = Q'l'$$

$$P = Q'' \frac{l''}{l'} \quad P = Q' \frac{l'}{l''}$$

$$P^2 = Q'Q''$$

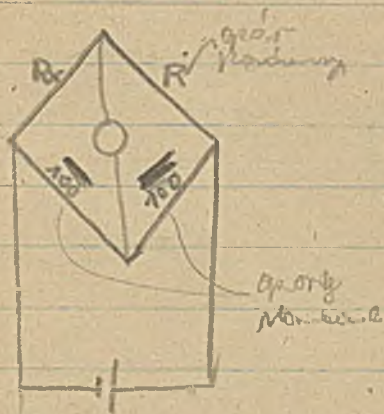
$$P = \sqrt{Q'Q''}$$

Wzrostywnie

$$P \approx \frac{Q' + Q''}{2}$$



# Analogia do mostar Wheatstone'a



$$\bar{R}_X = \frac{100}{100} \cdot R'$$

$$\bar{R}_X = \frac{100}{100} \cdot R''$$

$$R_X^2 = R' \cdot R''$$

$$R_X = \sqrt{R' \cdot R''}$$

m. p.  $R_1$  não se odriete  $20^\circ$

$$a = 100 \quad b = 120 \quad b = 1,2a$$

$$S_{r. \text{ arit.}} = \frac{100 + 120}{2} = 110$$

$$S_{r. \text{ geom.}} = \sqrt{12000} = 10\sqrt{120} = 109,545$$

p. aritmetica jest media geo. cl. p. a

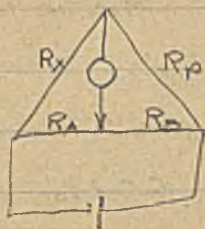
$$\Delta = \frac{110 - 109,545}{109,545} \cdot 100\%$$

$$\Delta = +0,42\%$$

$$a = 100 \quad b = 102 = 1,02a$$

$$\Delta\% = +0,005\%$$

2. III. 1948r.



$R_p = \text{const}$

$\frac{R_A}{R_B} = \text{zmienne!}$

$\frac{R_A}{R_B} = \text{const}$

$R_A = R_B = 100$

$R_p = \text{zmienne}$

Dokładność oporu  $R_A$  i  $R_B \pm 0,1\%$

Dokładność  $\pm 0,02\%$



$i_g = 0$

$$\frac{R_x}{R_p} = \frac{R_A}{R_B}$$

$$R_x = R_p \left( \frac{R_A}{R_B} \right)$$

n.p.:  $R_A = 99,9$  albo  $R_A = 100,1$   
 $R_B = 100,1$                        $R_B = 99,9$

$$\frac{R_A}{R_B} = 0,998$$

$$\frac{R_A}{R_B} = 1,002$$

$$= R''_p$$

$$= R'_p$$

$$\frac{R'_p}{R''_p} = \frac{1,002}{0,998} = 1,004$$

$$\frac{R''_p}{R'_p} = \frac{0,998}{1,002} = 0,996$$

Różnica między mostkami wynosi 0,4%

$$R_x = \sqrt{R'_p \cdot R''_p} \approx \frac{1}{2}(R'_p + R''_p)$$



a, b

$b = 1,20a; \Delta\% = +0,42\%$  różnica - z drugiego strony i z pom.

$b = 1,10a; \Delta\% = +0,1\%$

$b = 1,02a; \Delta\% = +0,005\%$

$b = 1,002a; \Delta\% = +0,0001\%$

Znakowanie i obliczanie błędów.

Mierzony wielkość  $W$  oraz pomiar z błędem.

z otrzymanego pomiaru  $W_p$ .

w miarę  $W_s$

$$\delta = W - W_p$$

$\delta$  - błąd bezwzględny

$$\frac{\delta}{W_p} = \frac{W - W_p}{W_p}$$

błąd względny

$W = 101 \quad W_p = 100$

$\delta = 101 - 100 = +1$  błąd bezwzględny

$W = 98 \quad W_p = 100$

$\delta = 98 - 100 = -2$  błąd bezwzględny

$$\Delta(\%) = \frac{W - W_p}{W_p} \cdot 100$$

błąd procentowy

$\Delta = 98 - 100 = -2$  błąd procentowy

A	B
100	120
$\frac{100-120}{120} \cdot 100 = -17\%$	$\frac{120-100}{100} \cdot 100 = +20\%$
tańszy od B o -17%	droższy od A o +20%

Błąd zegarka nadobę  
+ 1sek nadobę.

$\frac{1}{86400} \cdot 100 = 0,0012\%$  = błąd doł. w obrach.

Y jako doł. adm. i  
trajna frekwencje zegara.

Błęd zegarka  $\frac{60 \cdot 100}{86400} = 0,07\%$

1 min. ma deki.

Dwie wielkości swięza na jakiej różnica.

$$\left. \begin{array}{l} a \quad b \quad a \text{ ma błąd} \quad a \pm \delta_a \\ a - b \quad b \text{ " " " " } \quad b \pm \delta_b \end{array} \right\} r_p = (a \pm \delta_a) - (b \pm \delta_b)$$

$$a = 100 \quad \delta_a \% = \pm 10\% \quad \delta_a = \pm 10$$

$$b = 50 \quad \delta_b \% = \pm 10\% \quad \delta_b = \pm 5$$

4 przypadki kombinacji  $r$  - różnica

1).  $(a + \delta_a) - (b + \delta_b) \quad r_p = 110 - 55 = 55$

2).  $(a + \delta_a) - (b - \delta_b) \quad r_p = 110 - 45 = 65$

3).  $(a - \delta_a) - (b + \delta_b) \quad r_p = 90 - 55 = 35$

4).  $(a - \delta_a) - (b - \delta_b) \quad r_p = 90 - 45 = 45$

1).  $\frac{50 - 55}{55} \cdot 100 = -9,1\%$

2).  $\frac{50 - 65}{65} \cdot 100 = -23,1\%$

3).  $\frac{50 - 35}{35} \cdot 100 = +42,9\% \quad \Delta \% \approx 4 \text{ razy od } \delta_a$

4).  $\frac{50 - 45}{45} \cdot 100 = +11,1\%$



$a = 100$  ser. obrotowe błędami  $\pm 10\%$

$b = 90$   $\delta a\% = \delta b\% = \pm 10\%$

$a - b = r$

1).  $-9,1\%$

2).  $-65,5\%$

3).  $-2,11\%$

4).  $+11,1\%$

$a = 100$   $\delta a\% = \delta b\% = \pm 0,1\%$

$b = 99$

$a - b = r$

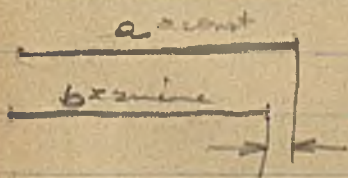
1).  $-0,0099\%$

2).  $-16,6\%$

3).  $+24,25\%$  = błęd 250 razy większy, od obrotowego błędów... wiele razy

4).  $+0,1\%$

in a it bliższe siebie tym większy bóg d...  
in a it bliższe siebie tym większy bóg d...



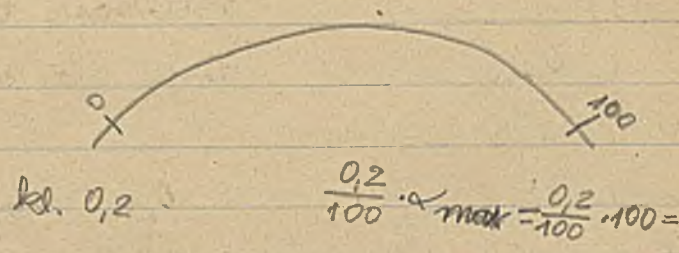
$a = \text{niektóre dane zmiana}$



# Klasy dokładności przyrządów.

Zwrotki na przyrządach: (JEC) lub CJE

- (0,2)
- (0,5)
- (1,0)
- (1,5)
- (2,5)



$= 0,2 = 20^\circ$  zakres pomiarowy

W każdym przypadku podjąć przykład posiada 0,2% błędów.

kl. 0,5       $\frac{0,5}{100} \cdot \alpha_{max} = \frac{0,5}{100} \cdot 100 = 0,5^\circ$

$W - W_p = \delta$  błęd bezwzględny.

Korekta = poprawka = k

k = ta wartość, którą trzeba dodać do wartości emiarowej by otrzymać wartość poprawioną.

$W + k = W_p$

$k = W_p - W = -\delta$

Sprowadzenie przyrządu polega na wyznaczeniu korekty dla poszczególnych miejsc.



$L$ dni/tydz.	$b$ dni/tydz.
0	
10	-0,2°
20	-0,3°
30	-0,3°
40	-0,5°
50	-0,3°
60	-0,1°
70	0
80	+0,2
90	+0,4
100	+0,4
110	+0,5
120	+0,6
130	+0,6
140	+0,4
150	+0,3

w stanie bezprogowych warunkach  
nastawia na 0,10.

Wzrostyje trzeba kalibracji  
do pewnej klasy.

$$\frac{0,6}{150} \cdot 100 = \frac{60}{150} = \frac{2}{5} = 0,4\%$$

Przynajmniej spełnia warunki  
klasy 0,5.

W tem. przyrządek stosować  
klasy E, F, G, H.

}  $k_{max}$

$\alpha_{max} = 100^\circ, 120^\circ, 150^\circ$

0,2	0,2°	0,24°	0,3°
0,5	0,5°	0,6°	0,75°
1,0	1,0°	1,2°	1,5°
1,5	1,5°	1,8°	2,25°
2,5	2,5°	3,0°	3,75°

gle dzięk  
w porze. lł.  
nie napisał  
lłgd, lłg nie  
pasać do  
nost. lłg.

$$\frac{x}{120} \cdot 100 = 0,2\%$$

$$x = 0,24^\circ$$

$$\frac{x}{150} \cdot 100 = 0,2\%$$

$$x = 0,3^\circ$$

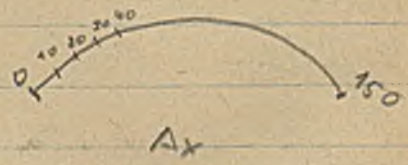
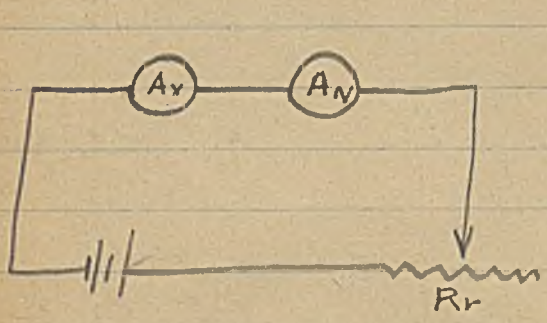
## Sprawdzanie przyrządu.

badanie Amperomierza

(A<sub>v</sub>) amperomierz badany

(A<sub>N</sub>) - " - dolny, wzorowy.

obrotowy  
samoch.  
zobacz







sprawdzenie licznika

stała licznika: 1920 obr. tony na 1 kWh

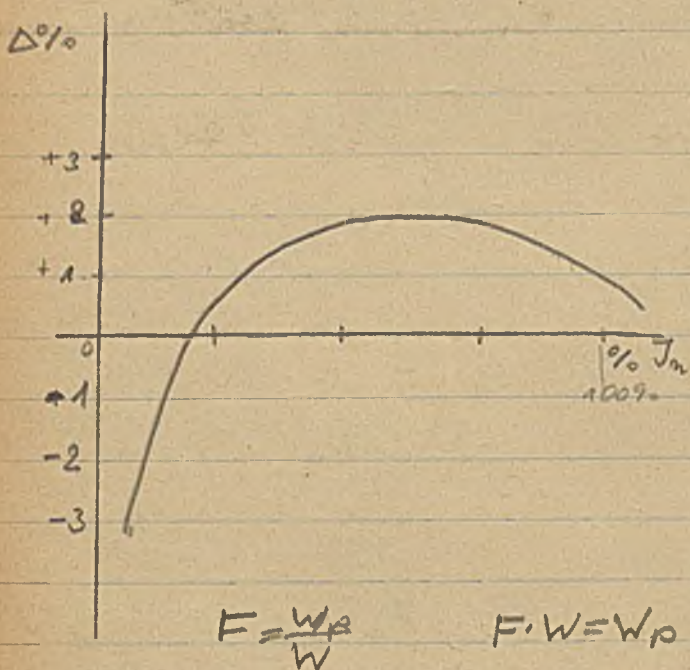
$$C_p = 1920 \frac{\text{obrotów}}{1 \text{ kWh}}$$

Przy obciążeniu 100%

$$100\% J_n \quad C = 1960$$

$$50\% J_n \quad C = \dots$$

Wykres charakterystyki licznika



$$\Delta\% = \frac{C - C_p}{C_p} \cdot 100\%$$

F = współczynnik

F = licznik

licznika

wartość

licznika

licznika



# Dokładność i czułość.

Czułość.

cyfrowo-str  $10^{-9} A$

gdzie skala była oddzielna

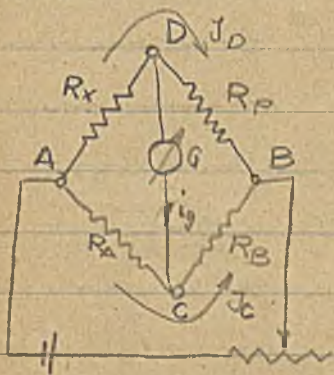
0,1mm daje odczyt o 10mm.

$1 \cdot 10^{-10} A \dots 0,1mm$  dla mniejszych impulsów reaguje.

cyfrowo-str jest naprzędnym  
wzrostem, a nie dokładnym.

## Mostek Wheatstone'a.

9. III. 1948r.



Założenie:  $i_g = 0$

$$V_C = V_D$$

$$J_D \cdot R_x = J_C \cdot R_A$$

$$J_D \cdot R_p = J_C \cdot R_B$$

$$\frac{R_x}{R_p} = \frac{R_A}{R_B}$$

$R_p = \beta p_n$

1.000 mm

$R_A, R_B$  - opór

standardowy

$$R_x = \beta_p \frac{R_A}{R_B}$$

zależna to zależność.



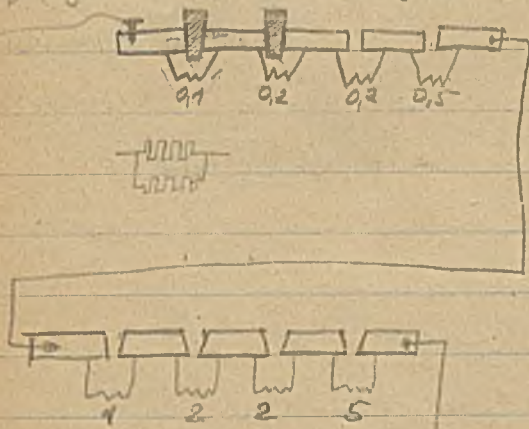
n.p.:  $\Sigma R > 1000 \Omega$  ( $\approx 1100 \Omega$ )

stopniowanie co 0,1  $\Omega$

karty opornikowej 0... ~ 1100  $\Omega$ , moimy zmiana

Oporniki	0,1	1,1	10	100
	0,2	2	20	200
	0,2	2	20	200
	0,5	5	50	500
	1,0	10	100	1000

Budujemy opornice zoltyszkowa (kalkowa)



dla 97  $\Omega$

opór ciał, par, amfii  
 hys i magij, nie  
 magij i gij z miki  
 opór kółka krytografu  
 przeprow.  
 10... 100  $\mu\Omega$   
 $\sim 10^{-5} \Omega$

1) Opornice nie są z miedzi

dla Cu  $\gamma = 57$

Cu, 1mm<sup>2</sup>, 1  $\Omega$

57m opadzi 1mm<sup>2</sup> obję 1  $\Omega$

Za dobra przewodność

2) Cu zmiana opór z temp

na 1° zmiana opór 0,4%

cyfry  $\alpha = 0,004$

na 10° zmiana opór 0 4%



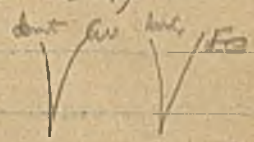
Włożenie rodnika ogrzewa się do 60° i opiera się  
 na prąd Cu do 24%

Ogólnie metale nie wykazują takich materiałów  
 do budowy spręż.

Wzrost się konstantom (ok. 60% Cu, 40% Ni)

$$\gamma = 2 \quad \beta = 0,5$$

$$\alpha \approx 3 \cdot 10^{-7}$$



$$E_{t(-Cu)} \approx 10 \frac{Cu}{10}$$

Przy metale prądem zmieniają  
 moją wykazują konstantom

Manganin (84% Cu, 12% Mn, 4% Ni)

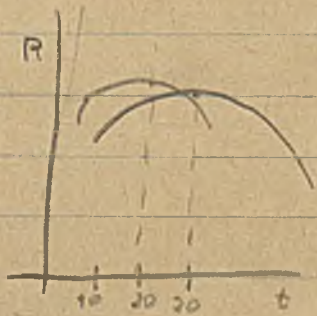
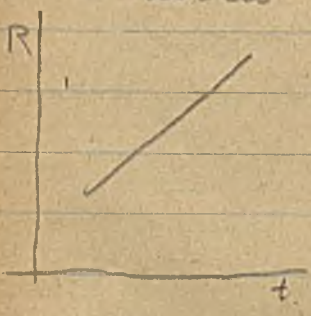
$$\beta = 2,4 \quad \rho = 0,42$$

$$\alpha \approx 1 \cdot 10^{-5}$$

$$E_{t(-Cu)} \approx 1 \frac{Cu}{10}$$

proporcjonalnie  
 dla Cu

dla Manganin

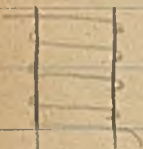


Najlepiej prądzie  
 przy 20°

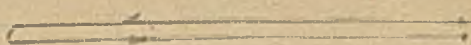
Konjancie cestki

uwazamy

dwumitlowo (bifilarne)



$$X_L = L \cdot \omega = L \cdot 2\pi f.$$



Mozno linia plaska  
plytko, puzo ajete  
fast imne.

Uwazamy  
Chaperonia



Mozno sil objektu lydsia rona.

miti mossa, za  
z plytki czaji kondensator



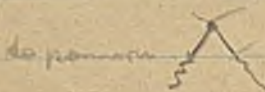
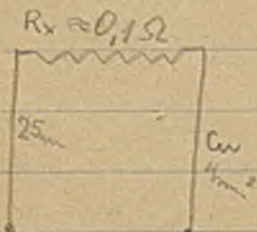
Mozganim pochodni  
z Grubellenkutte  
w Dillenburg.



ovar f-ma Keraeus  
w Hanan.

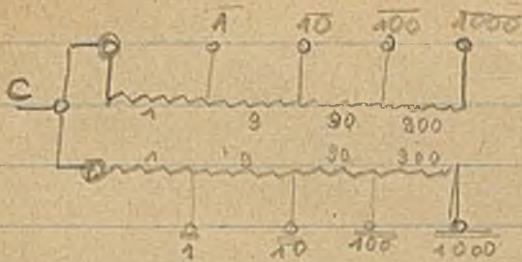
Przy pizadach z miedzi  
uwazamy mi i laci krapo-  
jemosciowe d'lecinat'byja

uwazanie prawnice  
do topienia (Vacuumsmelze).

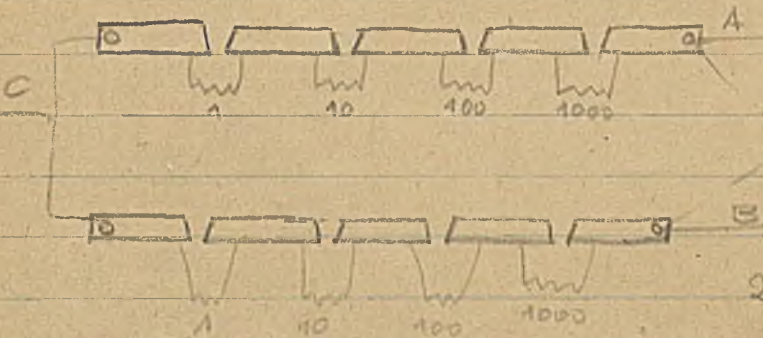




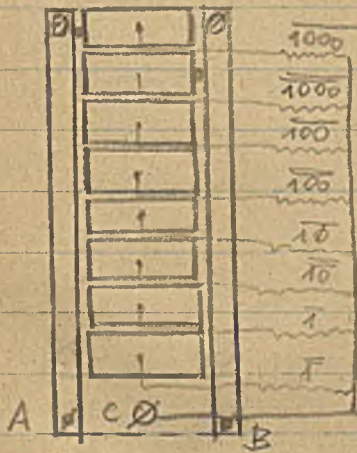
# Budowa opornicy stosunkowej (dla p. 1.5)

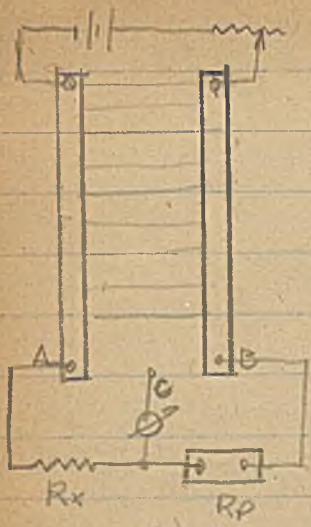


Do opornicy  
stosunkowej  
stosunki określone,



Do wyznaczenia



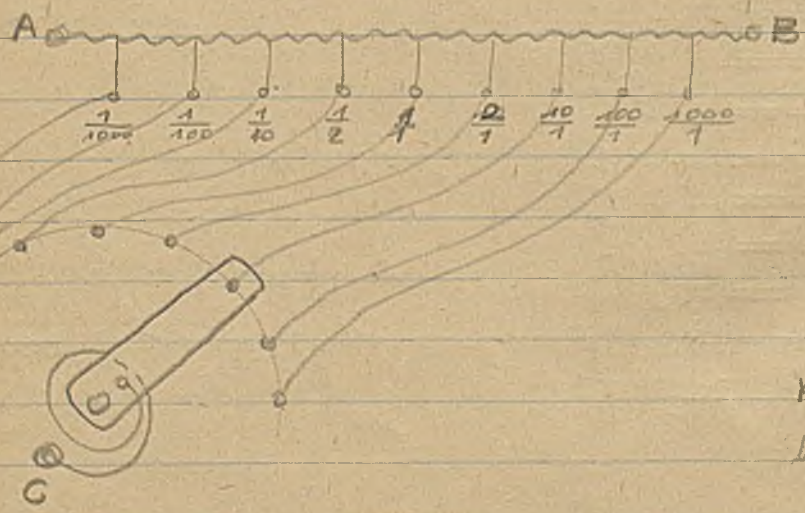


dobrotadność opt. 0,2%  
0,02%

w laboratorium normalnie ~0,1%

Operacja laboratoryjna

2000 Ω



Przebieg!  
2000 p.p.m.  
te wenty  
Przebieg  
k. ex. 10.



Opornice karbowe

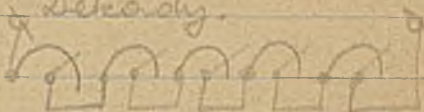
Byganie z nich od czterech do  
innych, lekkie tłumienie  
Majsterka Wolff

9 x 1Ω

10 x 1Ω

11 x 1Ω

Dekadowy

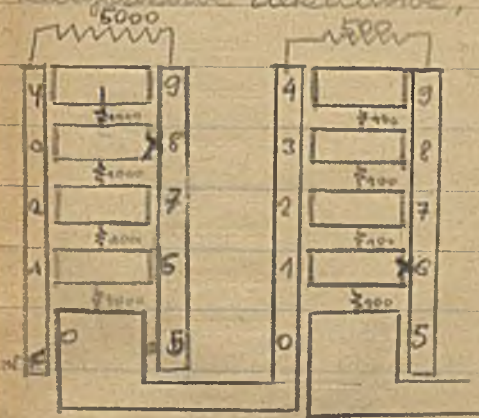


10 x 10Ω 10 x 10Ω 10Ω 10Ω 10Ω

wytworzyć dla opornic  
pordumowujących Rp

Opornice Rp

Katylkowe dekadowe



8600Ω

