

Ćwiczenie Nr 303

Temat: **Wyznaczanie charakterystyki temperaturowej oporu elektrycznego metali i półprzewodników metodą mostkową**

I. Literatura

1. Sz.Szczeniowski, Fizyka dośw., cz. III, PWN, W-wa, rozdz. V.
2. D.Halliday, R.Resnick, Fizyka, t.II, PWN, W-wa.
3. B.Jaworski, A.Diełtaf, I.Milkowska, Kurs fizyki, t. II, PWN, W-wa rozdz. XIII.
4. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki w politechnice, praca zbiorowa pod redakcją T.Rewaja, PWN Szczecin 1978.

II. Problemy teoretyczne

1. Prawa prądu stałego, mechanizm przewodzenia prądu elektrycznego w metalach i półprzewodnikach.
2. Zależność oporu od temperatury, sens fizyczny oraz wymiar temperaturowego współczynnika oporu.

III. Metoda pomiarowa

a) Dla przewodników:

Opór badanego elementu mierzony jest przy pomocy mostka Wheatstone'a, współczynnik temperaturowy oporu metali wyznaczany jest metodą regresji liniowej. Zależność oporu R_t od temperatury t jest liniowa:

$$R_t = R_0 + (R_0 \cdot \alpha) \cdot t$$

↓ ↓ ↓ ↓

(równanie liniowe postaci: $y = b + a \cdot x$)

(R_0 oznacza opór w temperaturze $0^\circ\text{C}=273\text{K}$, t - temperaturę w skali Celsjusza)

Na podstawie doświadczalnej prostej $R_t = f(t)$ można wyznaczyć współczynniki a i b tej prostej, a tym samym opór R_0 oraz temperaturowy współczynnik oporu dla przewodników:

$$R_0 = b; \quad \alpha = \frac{a}{b}$$

b) Dla półprzewodnika:

Dla półprzewodników zależność oporu od temperatury jest nieliniowa:

$$R = A \cdot e^{\frac{B}{T}} \quad (\text{T- temperatura w skali Kelvina})$$

Definiując współczynnik oporu podobnie jak dla przewodników

$$(\text{Dla przewodników mamy: } \alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0 \cdot t} = \frac{\Delta R}{R_0 \cdot t} = \frac{\Delta R}{R_0 \cdot \Delta T} \quad (\Delta T = T - 273\text{K} = t))$$

zauważymy, że wzór ten przyjmie postać:

$$\alpha = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT} \quad (\text{Dla półprzewodników zależność } R(T) \text{ jest nieliniowa, więc przyrosty } \Delta R \text{ i } \Delta T \text{ należy zamienić na nieskończenie małe przyrosty } dR \text{ i } dT)$$

Ze wzoru wynika, że dla półprzewodników współczynnik ten nie jest stały, lecz jest inny w każdej temperaturze (patrz Lit. 4).

Jak wynika ze wzoru powyżej, współczynnik ten można obliczyć z zależności

$$\alpha = -\frac{B}{T^2}.$$

W doświadczeniu wyznaczmy współczynniki A i B występujące w zależności R(T). Skorzystamy z tego, że po zlogarytmowaniu powyższego równania otrzymamy równanie liniowe postaci:

$$\ln R = \ln A + B \cdot \frac{1}{T}$$

$$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$

$$y = b + a \cdot x$$

Wyznaczając współczynniki a i b tej prostej otrzymamy:

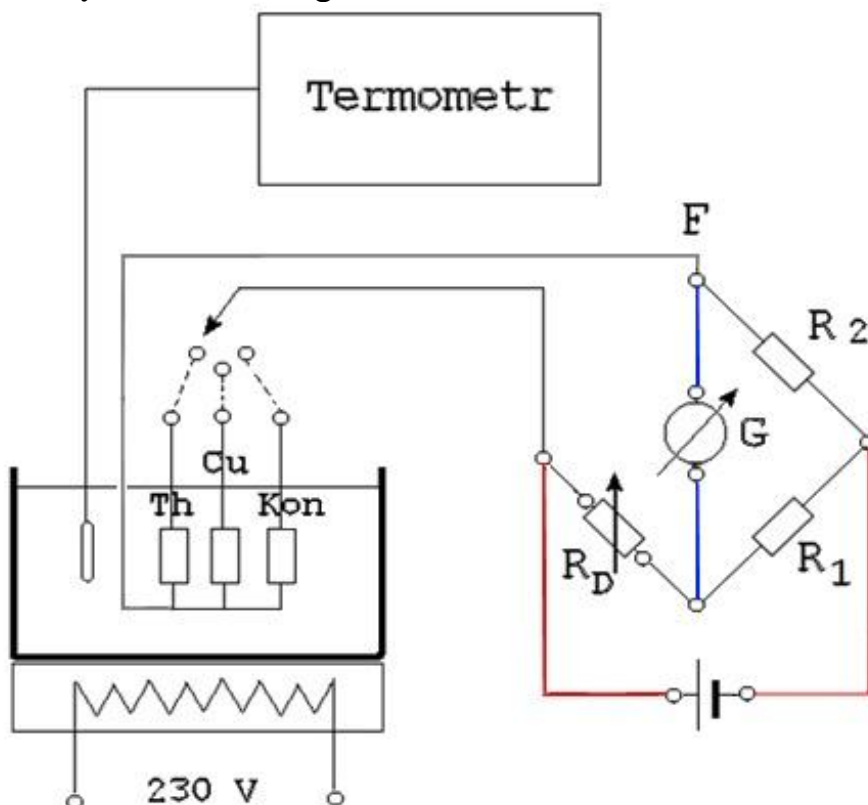
$$A = e^b \quad \text{oraz} \quad B = a$$

IV. Zestaw pomiarowy

Mostek Wheatstone'a (dekadowy) z galvanometrem i przewodnikiem trójpozycyjnym, grzejnik elektryczny z mieszadłem magnetycznym, naczynie z olejem, opornik z drutu miedzianego, opornik z drutu konstantanowego, termistor, źródło napięcia (zasilacz), przewody.

V. Wykonanie ćwiczenia:

1. Połącz układ według schematu:



2. Sprawdź, jaka jest temperatura oleju, w którym umieszczone są badane oporniki. Jeśli przekracza ona 30°C – poproś prowadzącego o wymianę na naczynie z chłodniejszym olejem.
3. Zmierz opór badanych oporników w temperaturze początkowej. W tym celu za pomocą opornicy dekadowej R_D zrównoważ mostek (wskazówka galwanometru G wskazuje zero) i odczytaj z opornicy wartość oporności R .
4. Włącz mieszadło magnetyczne oraz grzejnik^(*),
5. Dokonuj pomiaru oporów badanych elementów co **około pięć stopni** w zakresie temperatur od 25°C do 80°C . Ponieważ pomiarów dokonuje się „w locie” tzn. nie przerywając ogrzewania, a pomiar trwa zazwyczaj kilkanaście –kilkadziesiąt sekund, temperatura w trakcie pomiaru zmienia się. Dlatego pomiary przeprowadź według następującej procedury:
 - ustal oporność termistora (tak, jak to opisano w punkcie 3) i dopiero w tym momencie zapisz jego temperaturę,
 - ustal oporność drugiego opornika (miedź)) i w tym momencie zapisz jego temperaturę,
 - tak samo postąp w przypadku 3 opornika
6. Sporządź wspólny dla wszystkich oporników wykres zależności $R = R(t)$ (t w $^{\circ}\text{C}$).
7. Narysuj oddzielny wykres **dla opornika miedzianego i z konstantanu** i wyznacz metodą regresji liniowej współczynniki a i b prostych oraz współczynniki α oraz R_0 tak, jak to opisano powyżej, w części „Metoda pomiarowa, podpunkt a”.
8. Oblicz niepewności pomiarowe współczynników a i b czyli $u(a)$ i $u(b)$ oraz niepewności pomiarowe współczynnika α oraz R_0 :

$$u(\alpha) = \frac{1}{b} \sqrt{\left[u^2(a) + \left(\frac{a}{b}\right)^2 \cdot u^2(b) \right]}, \quad u(R_0) = u(b)$$

9. **Dla termistora** sporządź wykres zależności $\ln R = f\left(\frac{1}{T}\right)$.

Tak jak to opisano w części „Metoda pomiarowa, podpunkt b”, metodą regresji liniowej wyznacz współczynniki a i b prostej, a następnie współczynniki A i B

10. Wyznacz niepewności $u(a)$ oraz $u(b)$, a następnie niepewności

$$u(B) = u(a) \quad \text{oraz} \quad u(A) = u(b) \cdot e^b$$

11. Oblicz współczynniki α (z zależności $\alpha = -\frac{B}{T^2}$) dla termistora i narysuj wykres zależności $\alpha(T)$.

12. Wyniki pomiarów i obliczeń zapisz w tabeli według poniższego wzoru:

| t_{Th} [°C] | T_{Th} [K] | $\frac{1}{T}$ | R_{Th} [Ω] | $\ln R_{Th}$ | α_{Th} [1/K] | t_{Cu} [°C] | R_{Cu} [Ω] | α_{Cu} [1/K] | t_{Kon} [°C] | R_{Kon} [Ω] | α_{Kon} [1/K] |
|------------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------|------------------------|------------------|-----------------|------------------------|-------------------|------------------|-------------------------|
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Uwaga: $\ln R_{Th}$ obliczamy jako logarytm naturalny z wartości liczbowej oporu wyrażonego w omach

*** SKRÓCONA OBSŁUGA MIESZADŁA MAGNETYCZNEGO Z GRZEJNIKIEM:**

- *Włączyć mieszadło przyciskiem „SIEĆ”*
- *Pokrętkiem „OBROTY” wyregulować szybkość obrotów mieszadła tak, aby płynnie obracało się.*
- *Pokrętko „MOC” ustawić mniej więcej w połowie zakresu*
- *Nie włączać przycisku „STABILIZACJA”!*